

Diciembre 1969 (año XXII) - España: 18 pesetas - México: 3,00 pesos

LAS IMAGENES DEL SONIDO

TESOROS DEL ARTE MUNDIAL

Joyería cartaginesa

Delicada obra de arte de joyería barata, esta máscara púnica no es sino una cuenta de pasta de vidrio de 3 cms. de diámetro (derecha) que se usaba como dije de un collar. El rostro es blanco y los ojos, el pelo y la barba, de un azul intenso. Cartago, fundada por los fenicios durante el siglo VIII antes de J.C., impuso rápidamente su dominación comercial en toda la zona del Mediterráneo occidental, inundando los mostradores extranjeros con una producción en serie de telas, armas, cerámicas y joyas en las que el número no excluía la finura de la ejecución, como puede verse aquí.

Foto © Luc Joubert





NOVIEMBRE 1969
AÑO XXII

PUBLICADO AHORA EN 13 EDICIONES

Española
Inglesa
Francesa
Rusa
Alemana
Arabe
Japonesa
Norteamericana
Italiana
Hindi
Tamul
Hebrea
Persa

Publicación mensual de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).

Venta y distribución
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7e.

Tarifa de suscripción anual : 12 francos. Bianual : 22 francos.
Número suelto : 1,20 franco ; España : 18 pesetas ; México : 3 pesos.





Redacción y Administración
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7e

Director y Jefe de Redacción
Sandy Koffler

Subjefe de Redacción
René Caloz

Asistente del Jefe de Redacción
Lucio Attinelli

Redactores Principales
Español: Arturo Despouey
Francés: Jane Albert Hesse
Inglés: Ronald Fenton
Ruso: Georgi Stetsenko
Alemán: Hans Rieben (Berna)
Arabe: Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)
Japonés: Takao Uchida (Tokío)
Italiano: Maria Remiddi (Roma)
Hindi: Annapuzha Chandrahasan (Delhi)
Tamul: T.P. Meenakshi Sundaran (Madrás)
Hebreo: Alexander Peli (Jerusalén)
Persa: Fereydun Ardalán (Teherán)

Ilustración y documentación: Olga Rödel

Composición gráfica
Robert Jacquemin

La correspondencia debe dirigirse al Director de la revista

Páginas

Nº 12 - 1969 M.C 69.1-251 E



Nuestra portada

La cimática es una nueva disciplina que estudia los efectos de las vibraciones rítmicas en la Naturaleza, revelándonos un mundo de extrañas formas en perpetuo cambio, en el que aparecen figuras y se movilizan corrientes y remolinos, formándose estructuras y materializándose determinados modelos pulsativos. Las curiosas formas de la carátula danzan y saltan hacia arriba al transmitirse determinadas vibraciones a un líquido viscoso (véanse también las fotos de las págs. 13, 14 y 15).

Foto (c) J. C. Stuten, Dornach, Suiza



LA CIMATICA

LAS IMAGENES DEL SONIDO

Esta foto no muestra ni un pato ni un cisne a punto de lanzarse al agua; es uno de los muchos dibujos en relieve que puede hacer un sonido de alta frecuencia. Este se produjo sometiendo a la vibración sonora a una masa de plástico puesta en un campo magnético y haciéndole reflejar las características de este campo en las formas escultóricas que iba creando.

Foto © J.C. Stuten, Dornach, Suiza



En el mundo vivo y en el inanimado encontramos ritmos que se repiten y sistemas periódicos en los que todo existe en un estado de vibración, oscilación y pulsación continuos, ritmos que el hombre puede observar no sólo en el latir del corazón, en la circulación de la sangre y en el proceso de la respiración sino también en la formación repetida de células y tejidos, en el movimiento rítmico de los océanos, en el movimiento de las ondas sonoras y de las vibraciones hipersónicas y, por último, en el vasto Universo, que va desde los sistemas cósmicos de los soles y las galaxias hasta el mundo infinitesimal de las estructuras nucleares y atómicas. En el artículo que publicamos más abajo, el Dr. Hans Jenny, científico y artista suizo, describe varios de los experimentos que ha llevado a cabo en el curso de un largo estudio de esas vibraciones rítmicas a que nos referimos y presenta también algunos de los extraordinarios resultados que ha obtenido en esta nueva esfera de la ciencia que él llama « cimática » (del griego *kyma,* que quiere decir « onda »). El Dr. Jenny está firmemente convencido de que estos experimentos nos darán nuevos atisbos del mundo de las vibraciones —terrestres y extra-terrestres— y que a la larga se integrarán a esferas de investigación tan diversas como la astrofísica y la biología.

por Hans Jenny

Fotos de J. Christian Stuten y Hans Peter Widmer



LA CIMATICA

1 - Modelado infinito de un mundo que no para



HANS JENNY *nació en Basilea, donde estudió ciencias naturales y medicina, practicando esta última por muchos años en Dornach, cerca de su ciudad natal. Además de haberse dedicado al estudio de la Naturaleza y a la pintura, Jenny ha efectuado extensas investigaciones en el campo de la morfología zoológica. Los problemas de la fisiología moderna lo llevaron a estudiar el fenómeno de la periodicidad experimental, esfera en la que ha involucrado los efectos de las vibraciones, denominando «cimática» a esta nueva disciplina. A los lectores interesados en estos experimentos recientes cabe recomendarles también la lectura de un libro anterior del Dr. Jenny «Cimática, Estructura y Dinámica de Ondas y Vibraciones», profusamente ilustrado y con un texto bilingüe alemán-inglés, que publicara en 1967 la Basilius Presse de Basilea.*

NUESTRO mundo se halla penetrado profundamente por ondas y vibraciones de toda suerte. Si oímos es porque esas ondas, al viajar por el espacio, tropiezan con nuestro aparato auditivo. Al hablar, nosotros mismos creamos ondas de aire con nuestra laringe. Al encender nuestros aparatos de radio o de televisión utilizamos una longitud de onda determinada. Hablamos de ondas eléctricas, y todos sabemos lo que son ondas de luz. En un terremoto la tierra entera vibra, produciéndose entonces ondas sísmicas. Hasta hay astros enteros que laten con un ritmo regular.

Pero no sólo el mundo en que vivimos se encuentra en un estado de vibración (las de orden atómico son otro ejemplo); nuestro cuerpo se ve también penetrado por ellas; el latido

Fotos © H.P. Widmer, Basilea

CUARTETO EN CUARZO

En las fotos de la izquierda vemos cómo los experimentos cimáticos hacen visible el sonido. El polvo de cuarzo, extendido en una chapa de acero, se somete a la «excitación» de las vibraciones procedentes de un oscilador de cristal. En las cuatro ilustraciones se ve aproximadamente la misma configuración, pero a medida que el tono de la música se va haciendo más agudo, el dibujo se complica y enriquece. De izquierda a derecha y de arriba a abajo, las frecuencias empleadas aquí son: 1.690 hertzios (ciclos por segundo), 2.500, 4.820 y 7.800. (Véase la foto No. 5 en las páginas centrales en colores).



Photo © J.C. Stuten

NACIMIENTO DE UN REMOLINO

Las airosas curvas y temblorosos movimientos de esta foto son el detalle de un remolino en curso de formación, lo que se hace claramente visible gracias al uso de anilinas de colores que destacan nitidamente cada corriente.

de la sangre, por ejemplo, se da por ondas; podemos oir el de nuestro corazón: y por encima de todo, al mover los músculos los hacemos vibrar, como se ve bien claro en las flexiones de brazos y piernas. Es posible escuchar el sonido correspondiente a esas vibraciones y registrarlas por medio de un teléfono.

Todo esto quiere decir —ni más ni menos— que los complicados procesos químicos, energéticos y bioeléctricos que tienen lugar en las fibras musculares se producen en medio a una serie de vibraciones. Y esto plantea un interrogante: ¿qué efectos tangibles producen esas ondas y esos procesos de vibración sobre una sustancia determinada y en un medio particular? Los estudios de que se da cuenta en este artículo tienen por objeto dar una respuesta a esa pregunta. Para ello se ha ideado una serie de experimentos en los que se registra todo un mundo de fenómenos curiosos: aparecen figuras, se forman corrientes y remolinos (corrientes parásitas); cobran forma ciertas estructuras, pueden verse dibujos que tienen pulsaciones armónicas, etc.

Nuestra primera reacción ante estos fenómenos es de puro asombro; sus características maravillan tanto al artista como al investigador científico. Pero al estudiarlos no nos han preocupado solamente las formas acabadas, sino la manera en que se van produciendo. Aquí el movimiento va unido a la forma. Tenemos ante nuestros ojos el fenómeno completo, cosa que puede ejercer un efecto particularmente fecundo sobre la mente del artista creador.

La forma realizada no sólo nos atrae por su belleza sino que también se presenta ante nosotros como un modelo vivo de movimiento. Esto se puede dar, por ejemplo, en un mon-

SIGUE A LA VUELTA

LA CIMATICA *(cont.)*

toncillo de arena donde la vibración gana a los granos finísimos y los mueve de una manera determinada por la disposición misma del campo de las vibraciones. Los que se dedican especialmente al arte cinético se encontrarán aquí con un medio natural en que juegan libremente la cinética y la dinámica hasta que surge una configuración determinada. Esto pone de relieve una característica importantísima de los procesos de las ondas y las vibraciones: por un lado hay movimiento y una combinación de fuerzas; por el otro hay creación de formas y figuras.

Tanto los elementos cinéticos como los estructurales están mantenidos por el proceso de vibración. Tenemos tres elementos en juego, por consiguiente: la vibración u onda se manifiesta en figuras y en dinámica y cinética; no se exagera nada, por tanto, al hablar de un fenómeno de vibración básica triple, o triádico.

¿En qué forma se llevan a cabo estos experimentos? Chladni (1756-1827) produjo figuras con sonidos desparramando arena sobre una chapa o plancha de metal y haciéndola vibrar al pasar por ella un arco de violín; así vió cómo la arena iba formando un dibujo definido con líneas características del sonido que se escuchaba. La vibración transportó la arena desde zonas concretas llamadas antinodos o centros de oscilación hasta zonas lineares o líneas nodales; pero no se pudieron elegir las condiciones que se deseaba para el experimento, ni ver los resultados como un todo hasta que no se echó mano de métodos nuevos.

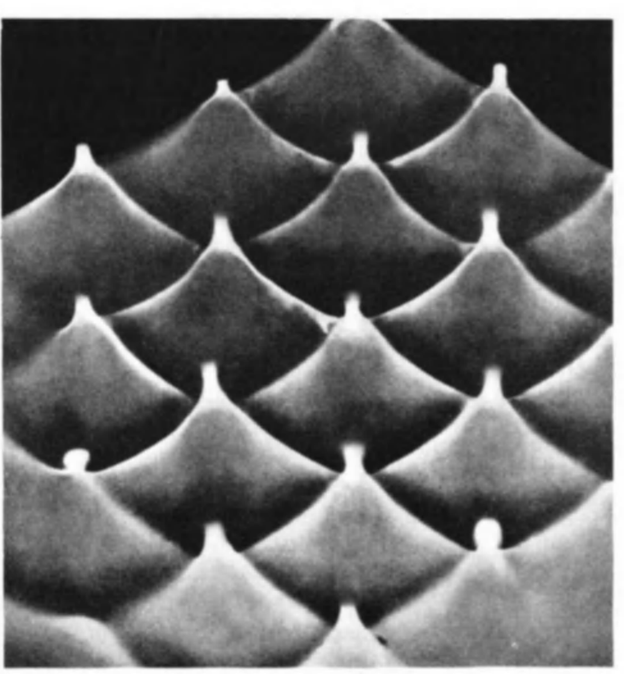
Vamos a describir, a modo de ejemplo, uno de estos métodos, en que se recurrió a los llamados osciladores de cristal. Al aplicarse a los cristales una serie de impulsos eléctricos, se deforma la estructura de celosía que tienen y uno llega a oir las vibraciones correspondientes, vibraciones que pueden transmitirse a chapas, diafragmas, cadenas, barras, etc. (Véase las fotos de la pág. 6 y la foto en colores No. 5, pág. 24.) Recurriendo a este método se pueden elegir con toda libertad y determinar con toda exactitud las condiciones en que se desee hacer el experimento, conociéndose con precisión el número de vibraciones por segundo (frecuencia), el alcance del movimiento vibratorio (amplitud) y el punto exacto de excitación. Se puede experimentar con varios tonos acústicos al mismo tiempo y extender a voluntad las proporciones del experimento. Cada experimento se puede reproducir con toda precisión, cosa más importante todavía. Con ayuda de métodos semejantes, la investigación puede revelar toda una fenomenología de efectos de la vibración. Para esta actividad científica se eligió el nombre de «cimática», palabra compuesta sobre el nombre griego de onda (kyma): **kymatica** es lo que tiene que ver con las ondas.

SIGUE EN LA PAG 10

Fotos © J.C. Stuten

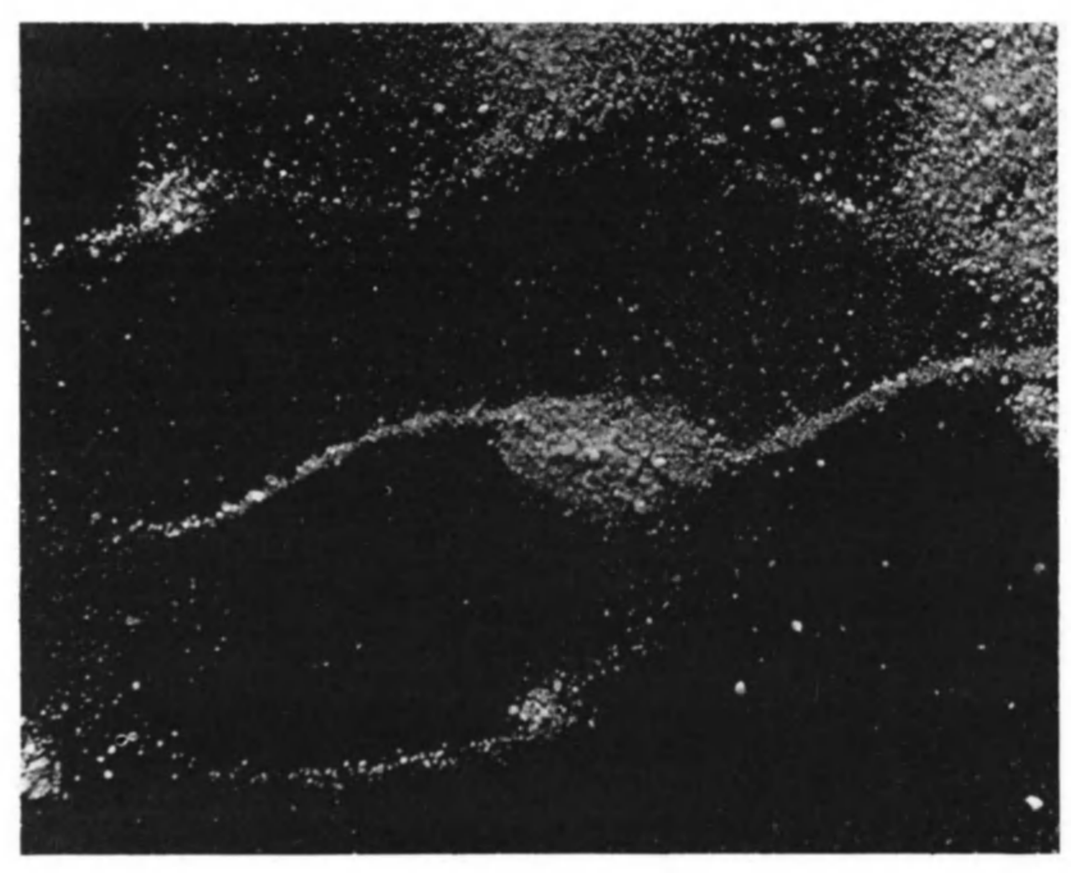
TEJIENDO CON SONIDOS

Cuando se hace vibrar un líquido se obtienen formas inesperadas, como la celular de arriba, muy parecidas a las que se encuentran en la Naturaleza. A la derecha, estructuras similares a las escamas (que se llaman imbricadas en lenguaje técnico). Al cambiar los materiales y las frecuencias cambian también las formas, y vemos dibujos hexagonales, rectangulares o traslapados que semejan panales, redes y celosías. A veces la textura misma sufre un cambio marcadísimo, de lo que resultan vistas sorprendentes.



ARENAS EN ESPIRAL

Las fotos de la derecha y de abajo muestran los efectos rotatorios producidos por la vibración. Aquí tenemos una chapa de metal en la que se ha desparramado arenilla de cuarzo. A la derecha vemos montoncillos de esa arena girando bajo el influjo de la vibración sonora. La arena corre como un río hacia el montoncillo del centro, en brazos largos y estrechos provenientes de diversas direcciones. Estas formas recuerdan de manera sorprendente las masas giratorias en espiral observadas por los telescopios en la nebulosa, como también otros fenómenos galácticos. Abajo, dos montoncillos de arena en forma de discos se han formado con el flujo de las corrientes de arenilla; cada uno de ellos gira constantemente y tiene, en forma de núcleo central, un pequeño cono de arena.



2 - Sonidos que se hacen formas y luces en tres dimensiones

ENGENDRAR vibraciones sistemáticamente a través de una serie continua de tonos y trasmitirlas al objeto que se desee es cosa perfectamente posible. En consecuencia, las figuras sonoras no son los únicos fenómenos que se producen (ver fotos pág. 6). Uno tropieza con condiciones de vibración (fases) en que las partículas no se mueven hasta constituir figuras estacionarias, sino que forman corrientes. Estas corrientes, como si obedecieran a una ley, van paralelamente en direcciones opuestas. Así se pone en movimiento toda la estructura de la vibración. La arena empieza a girar en torno a un punto determinado, proceso que se hace continuo, pero la masa de sus granos no se ve lanzada a un lado u otro. Si se emplean granos de arena teñidos de colores diversos para señalar los pequeños montículos que giran, el tipo de movimiento revelado en esta forma es continuo y debido completamente a la vibración (véase las fotos de la pág. 9).

Resulta interesante señalar que no sólo se han fotografiado todos los fenómenos de la cimática sino que también se han filmado, cosa lógica si se piensa en el movimiento que produce el sonido. Fotos y películas se complementan como formas de documentación.

En la misma forma en que se transmite la vibración a las partículas sólidas (arena, polvo) se puede hacer lo propio con los líquidos, donde volvemos a encontrar el espectro completo de la cimática, con un conjunto de estructuras de gran diversidad. Se crean primero formas delicadas como de celosías, y luego dibujos hexagonales, imbricados (en forma de escamas) y con gran opulencia de curvas (fotos de las págs. 8 y 28). Si cesa el tono que produce la excitación en el líquido, desaparecen, como es natural, todas esas formas y dibujos.

En los líquidos, asimismo, se forman también corrientes. En una película de

SIGUE EN LA PAG 12



Foto © H.P. Widmer

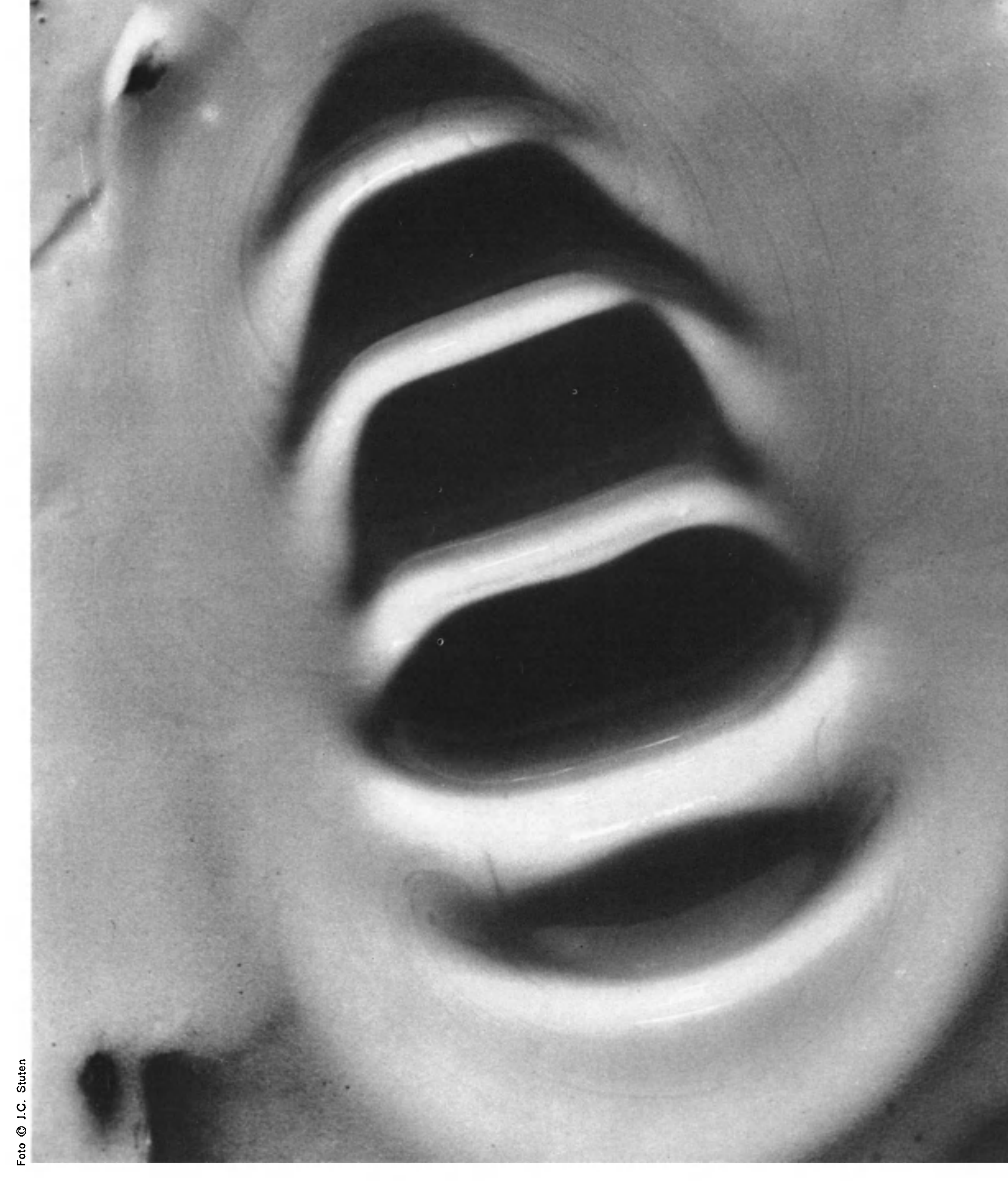


Foto © J.C. Stuten

EL "DON GIOVANNI" DE MOZART

A la izquierda lo que vemos es el dibujo que deja el sonido del compás No. 27 de la obertura de la ópera mozartiana. El sonido se hace palpable imprimiendo los dibujos que hace su vibración en una película de líquido. No sólo se hacen visibles así el ritmo y el volumen, sino también las figuras que corresponden al espectro de frecuencia que las suscita. En el caso del sonido orquestal —véase la foto de la música de Bach en la próxima página— los dibujos cobran una complejidad extraordinaria.

CRESTAS DE LA OLA

Arriba, los orificios que hacen pensar en las bocazas abiertas de alguna máscara extraña de la antigüedad son en realidad una serie de crestas de ola (fotografiadas desde arriba) que se producen cuando se irradia con sonido un líquido viscoso. Al volcarse en una membrana que vibra, ese líquido se convierte en una masa que late y se desliza y en la que pronto aparecen formaciones de ondas. Los cambios que se logren en cuanto al alcance y la frecuencia de las vibraciones y las modificaciones en la viscosidad del líquido producen otros efectos extraños (que se muestran en las fotos de las páginas 13, 14 y 15).

líquido giran en direcciones contrarias pares bilateralmente simétricos de remolinos como los descubiertos en el hombre por Georg von Békésy, pares de remolinos que se forman en el caracol del oído por la acción del sonido (véase la foto de la pág. 7 y la foto en colores No. 7, pág. 25, abajo). Añadiendo unas pocas gotas de anilina indicadora pueden hacerse visibles los remolinos que aparecen en el líquido y que giran incesantemente. Cuanto más fuerte sea el tono del sonido, más rápido será el movimiento de rotación.

Las turbulencias —u ondas inestables— merecen a su vez un párrafo aparte (véase la foto de la pág. 16, abajo). En las zonas que se encuentran al margen de un campo de ondas, o cuando dos series de ondas se hallan una al lado de la otra, aparecen otras formaciones de ondas que cambian constantemente. La vibración causa «turbulencia» en un líquido cualquiera, y es característico de esta turbulencia el hacer a un medio determinado (líquido, gas o una llama) sensible a la acción del sonido. Por ejemplo, sólo al hacerse turbulenta una llama de gas se vuelve receptiva a la acción del sonido, o sea que sólo entonces forma figuras correspondientes a éste. Las turbulencias de que hablamos tienen importancia cuando se fabrica un instrumento de bronce, por ejemplo en la boquilla de una trompeta o un clarín.

Por comprender estos experimentos la transmisión de procesos de vibración de acuerdo con leyes naturales, el paso lógico a darse después de ellos era el de intentar representar visualmente la música. Con ayuda del mismo diafragma que irradia la música es posible, en verdad, hacer que se vea en una película de líquido los dibujos que van formando las vibraciones de esa música (véanse las fotos de las págs. 10 y 12). Así puede uno «ver» lo que oye y «oir» lo que ve. El ojo no está, por supuesto, acostumbrado a «ver» Mozart o a «ver» Bach; si se proyectan películas de esta música visible omitiendo el sonido, nadie puede pretender afirmar, por ejemplo, que está viendo la Sinfonía «Júpiter» de Mozart. Sólo al sintonizar la música puede experimentarse visualmente la impresión auditiva.

En esta esfera tiene particular interés saber si se puede hacer visible la voz humana. Gracias a un aparato especialmente creado para este fin y llamado el «tonoscopio» (sonovisor) es posible producir, sin mediación de ningún instrumento, el dibujo verdadero que van describiendo las vibraciones de una vocal (véase, en la pág. 25, la foto en colores No. 6). Las figuras revelan rasgos que reflejan de una manera característica la vocal enunciada y su espectro de frecuencia, el tono de la misma y la voz individual del que habla. Si las condiciones son constantes, la misma forma surge siempre.

Para los sordomudos esta imagen de lo que dicen reemplaza la capacidad de oirse del hombre común y corriente. El sordomudo ve lo que dice, y además puede tratar de producir en el tonoscopio los mismos dibujos que hacen en el agua las personas capaces de oir. Si lo logra, ello quiere decir que produce los

SIGUE EN LA PAG 16

LA "TOCCATA Y FUGA EN RE MENOR" DE BACH

Las notas musicales que vemos en la pequeña foto de abajo son un sonido del compás 20o. de la famosa «Toccata y fuga» en re menor» para órgano (primer movimiento) de Juan Sebastián Bach. La foto de la izquierda muestra la misma nota tal como la revela la cimática. Las figuras debidas a la vibración sonora reproducen toda clase de músicas con precisión, pero si las vemos en una película muda no podemos imaginarnos a qué responden, ya que nuestros ojos no están acostumbrados a «ver» la música sin ayuda del oído. Pero al oirla junto al dibujo que hace, las dos impresiones casan perfectamente.

Foto © J.C. Stuten

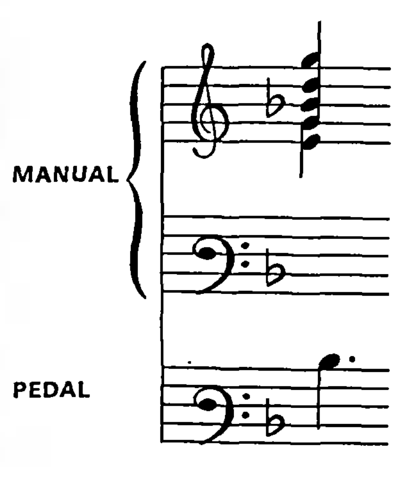




Foto © H.P Widmer

EL FRENESI DE UN BALLET CIMATICO

Estas formas —que parecen bailarinas frenéticas— son varias de las «esculturas» dinámicas creadas durante una serie de experimentos que demuestran los efectos asombrosamente diversos producidos en determinadas condiciones por la vibración. En estos experimentos se vuelca un líquido viscoso dentro de una membrana que vibra, produciendo primero una y luego una serie de ondas anulares. Al modificar la frecuencia y la viscosidad del líquido, se crea un mundo de formas nuevas que cambian, algunas de las cuales se ven en la página siguiente.

UNA FURIA OCEANICA

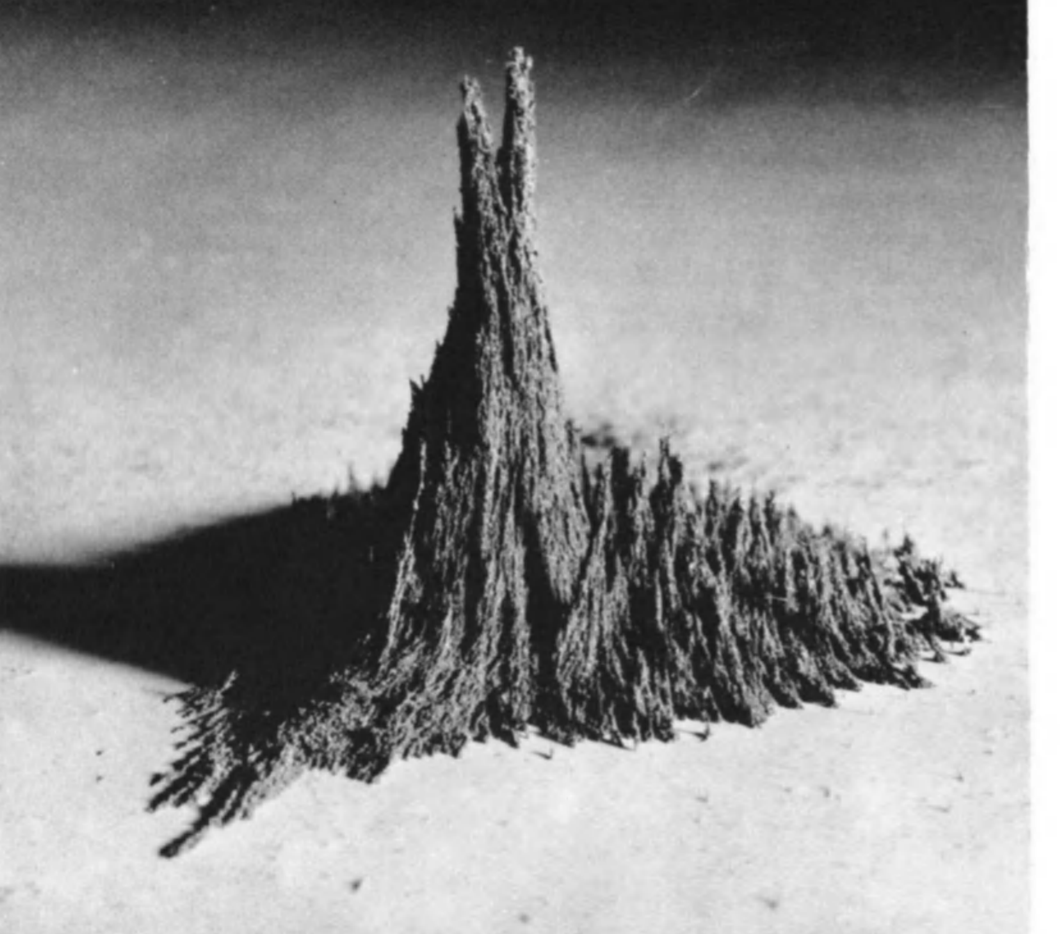
Estas notables fotos, que hacen pensar en las olas furiosas de una tormenta en el océano o en un torrente de lava ardiente que baja de un volcán, muestran un cataclismo a escala de laboratorio creado al hacer vibrar un líquido con ayuda de las ondas de sonido. Si se aumentan las vibraciones que produce un diafragma al oscilar, las ondas parecen témpanos de hielo (derecha). Al aligerarse el líquido y hacerse mayores las vibraciones, las ondas se levantan todavía más y forman chapas, columnas y cimas (abajo, izquierda). Finalmente la masa de líquido, llena de pulsaciones, de corrientes y turbulencias, suelta con fuerza dinámica unas gotas minúsculas que forman una corriente de espuma volante (abajo, derecha). Se puede seguir con el experimento hasta que el líquido se pulveriza completamente.





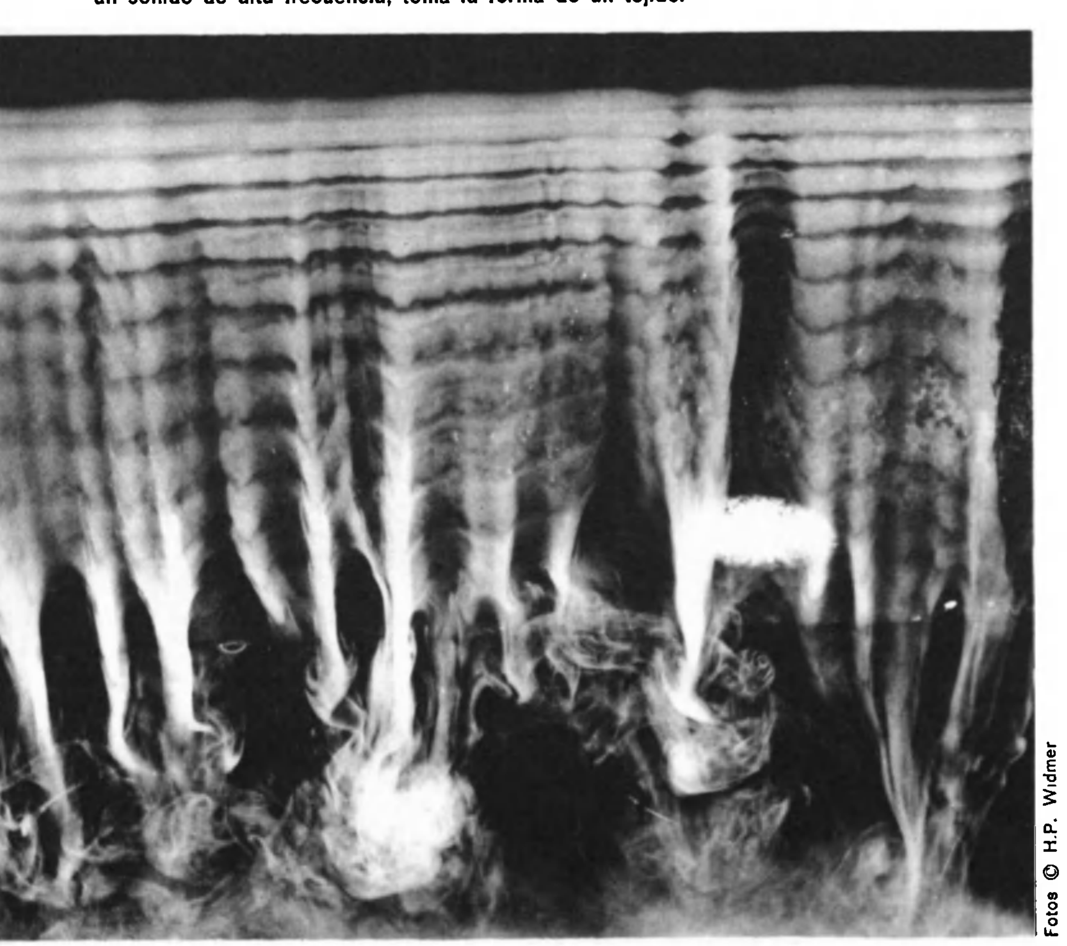
Fotos © H.P. Widmer





LAS NOTAS ALTAS HACEN BAILAR AL HIERRO Y AL HUMO

Cuando las limaduras de hierro se hacen vibrar en un campo magnético crean el efecto que se observa en la foto de arriba. La oscilación reduce la adhesión natural de las partículas, prestándoles una mayor libertad de movimiento. Las limaduras desparramadas en un campo magnético sujeto a vibraciones sonoras crean formas móviles que parecen bailar en el campo vibratorio. Abajo, el humo, bajo la irradiación de un sonido de alta frecuencia, toma la forma de un tejido.



Fotos © H.P. Widmer

sonidos con toda corrección. En la misma forma puede aprender a «colocar» la voz en el tono justo que le corresponde y regular de manera consciente la inspiración y expiración de aire cuando habla.

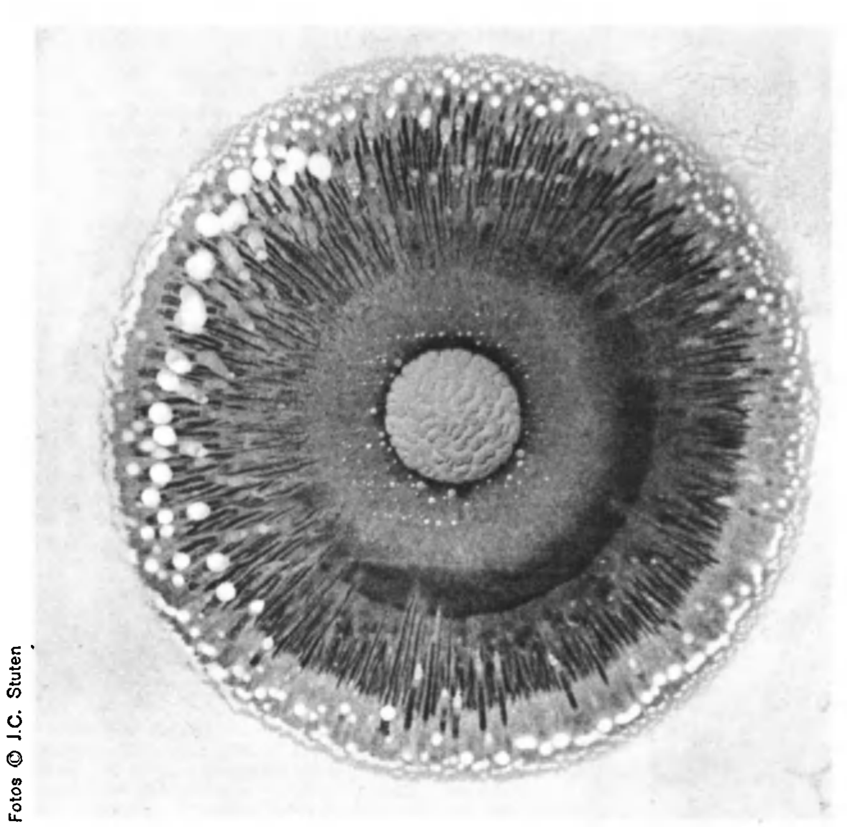
Para dar una idea de la riqueza y diversidad de los efectos cimáticos, bastará con examinar más de cerca un ejemplo determinado. Si se aplica una vibración a cierta cantidad de polvo de licopodio (esporas del pinillo) los resultados son tan curiosos como concretos. Las partículas de este polvo son finísimas y de una consistencia muy pareja. Si la chapa, plancha o diafragma en que se ha desparramado uniformemente el polvo de licopodio recibe vibraciones, se forma cierto número de montoncillos circulares del polvo, tipo de agrupamiento extremadamente característico de los efectos cimáticos (fotos de la pág. 17).

Estos montoncillos entran en un estado constante de circulación: las partículas se mueven de dentro hacia fuera y viceversa por efecto de la vibración. Una circulación como ésta es típica de la acción de las ondas. Si se intensifica el tono —lo cual percibe el oído como un crescendo— los montoncillos circulares gravitan hasta juntarse en un montón más grande, que sigue circulando de todas maneras (véanse las fotos de la pág. 17 y la foto en colores No. 4, páginas centrales 22-23). Y si hay todavía una mayor intensificación del tono, las masas de polvo se ven sometidas a un movimiento violentísimo; pero aunque caigan a los lados, no por ello se detiene el proceso de circulación.

En el polvo de licopodio se pueden producir también corrientes; el polvo sigue entonces, rápidamente, un camino definido con la mayor precisión (véanse las fotos de la pág. 30). Si sobre esta zona de corrientes se echa más polvo, no hay caos de ninguna especie; las cantidades recién añadidas se asimilan inmediatamente al sistema del campo de vibraciones. Y a través de todos estos cambios y transformaciones se conserva la dinámica de la figura y la figuración de la dinámica.

Al moverse estas conglobaciones, lo hacen en forma característica, siempre como un todo, y al acabarse con un proceso, el resto del montón se mueve detrás de lo que ya se ha desplazado como si fuera una amiba. No hay desmoronamiento ni desintegración. Se unan los montoncillos para formar uno más grande o se dividan en otros más pequeños, las unidades que forman son completas, y cada una de ellas participa del todo tanto por lo que respecta a la forma como al proceso que sigue. Y esto nos trae a un rasgo muy peculiar de los efectos de la vibración, de los cuales se puede decir que constituyen un modelo o ejemplo del principio de totalidad. Cada elemento separado es un todo y exhibe, sean cuales sean las mutaciones y

SIGUE EN LA PAG 18



Fotos © J.C. Stuten

MIGRACIÓN HACIA EL CENTRO

Cuando el polvo de esporas del licopodio, especie de musgo, se esparce uniformemente sobre un diafragma vibratorio, forma una galaxia de pequeños montoncitos (abajo). Cada uno de ellos rota sobre su propio eje y a la vez como un cuerpo aislado, tal como los elementos de nuestro sistema solar. Cuando las vibraciones aumentan, los montoncitos emigran hacia el centro (izquierda) foto en la que se puede observar las líneas rectas del camino que recorren. Mientras se va formando el gran montón del centro, todos continúan rotando en el diafragma.

cambios a que se lo someta, su condición unitaria. Y siempre son los procesos de vibración subyacentes los que sostienen esta unidad en medio a la diversidad. En cada parte está presente el todo, o por lo menos está indicado.

Para estudiar los efectos de la vibración en el espacio, primero se hicieron vibrar gotas. Los experimentos hechos con mercurio demostraron que las gotas oscilantes se mueven en una serie de formas regulares. Además, aparecen sistemas en las series aritméticas del 3, del 4, del 5, del 6 y del 7, por lo que cabe hablar de armonía y simetría. Las gotas pulsativas de agua revelan esta misma disposición polígona, con la diferencia, sin embargo, de que el líquido se desplaza regularmente del centro a la periferia y viceversa. Es de suponer, por tanto, que estas vibraciones tienen lugar, por regla general, en sistemas de 5, 4 y 3 segmentos Las imágenes que así se forman recuerdan marcadamente la forma de las flores de ciertas especies superiores.

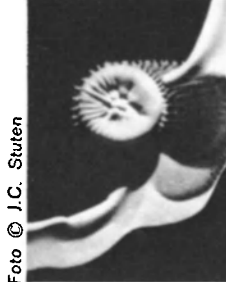
Una verdadera armonía queda así en evidencia en la serie de procesos cimáticos, y cuando las burbujas de jabón, por ejemplo, se ven excitadas por las vibraciones, nos adentramos aún más en lo tridimensional (véanse las fotos de las págs. 26 y 27). Las burbujas muestran una pulsación regular y se las podría describir como «esferas que respiran». Cuanto más alto sea el tono que produce la oscilación, mayor será el número de zonas de pulsación.

Del hecho de que la adhesión entre los materiales y la superficie que sostiene las chapas o diafragmas se vea reducida por la vibración resultan varios fenómenos curiosos. Las partículas o masas de partículas cobran, como resultado de esa menor adhesión, cierta libertad de movimiento. Si se ponen, por ejemplo, en un campo magnético o sobre un diafragma que vibra limaduras de hierro, la adhesión de éstas a la superficie queda reducida, y hasta cierto punto las limaduras adquieren cierta movilidad, formando figurillas que parecen bailar dentro del campo magnético, revelando con su movimiento la densidad y configuración del mismo (véase la foto de la pág. 16, arriba).

También los cambios en el estado de la materia sufren de un modo muy extraño la influencia de las vibraciones. Por ejemplo, si se deja enfriar una burbuja de caolín líquido mientras se la somete a las vibraciones, no se solidifica en una masa uniforme sino que se retuerce y revuelve de tal modo que se forman curiosas estructuras parecidas a ramas y cuya forma se debe única y exclusivamente a la vibración. El experimento da por resultado toda una gama de elementos estructurados que, a la larga, se solidifican (véase la foto en colores de la pág. 19).

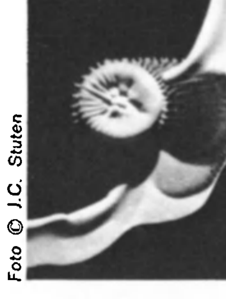
SIGUE EN LA PAG 29

PAGINA EN COLORES


Foto © J.C. Stuten

1. UN MELON DE CAOLIN

Cuando se somete un material a una vibración sonora en el momento en que cambia de líquido a sólido se producen curiosas configuraciones. Aquí, al enfriarse y solidificarse, una burbuja de caolín forma una estructura parecida a un melón o al fruto de la sarga, que con sus pulsaciones envía por el centro de este «fruto» corrientes de caolín plástico hacia abajo y a los lados. Al endurecerse esta materia, empieza a aparecer en los gajos externos de la masa vibrante una especie de ramaje.


Foto © J.C. Stuten

2. EL RITMO DE LA TINTA CHINA

Estos verticilos fluctuosos, estas corrientes laberínticas creadas por gotas de una emulsión roja cuando se las deja caer en una solución de tinta china, muestran un proceso de carácter periódico en que no se recurre a ninguna vibración sonora. La emulsión se difunde por la tinta con un movimiento periódico de vaivén, creando un orden de gruesos chorros en serpentina y formaciones delicadas que se desvanecen como plumones de niebla. Uno debe imaginar que todo no sólo corre y fluye, sino que lo hace siguiendo formas y ritmos bien precisos.


Foto © H.P. Widmer

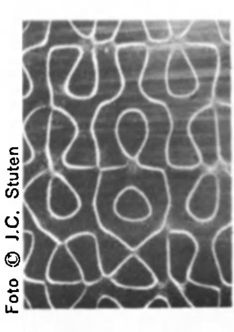
3. ENGAÑOSA ALFARERIA

Este anillo doble, tan sencillo y perfecto, no es una pieza de porcelana creada en el torno del alfarero, sino una « figura flúida» formada al hacer vibrar en un diafragma un líquido muy espeso. El aspecto estático que tiene en la foto engaña; en realidad, toda la estructura está en movimiento, rotando constantemente, con líquido que fluye hacia el centro y sale de éste, el todo creado y sostenido enteramente por la vibración. (En las páginas 11, 13, 14 y 15 pueden verse otras formas creadas en este experimento.)


Foto © J.C. Stuten

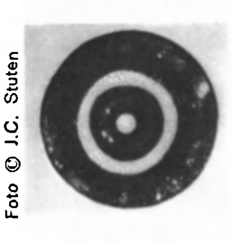
4. PANORAMA EN REDONDO

Este panorama polvoriento y aparentemente petrificado que recuerda a las fotos de la superficie de la Luna está constituido por esporas de licopodio, especie de musgo, puesto en movimiento por una vibración sonora. Cada montículo circular de fino polvo, tanto los grandes como los pequeños, está rotando sobre su propio eje, como lo hace toda la superficie en general. Las formas que adopta cambian de acuerdo a la frecuencia de la vibración. Si ésta aumenta, se crean una especie de «tormentas de arena» o los montículos forman otros mayores (fotos pág. 17).


Foto © J.C. Stuten

5. EL SONIDO DEL COBRE

Inspirado en las investigaciones de Ernst Chladni, físico y músico alemán del siglo XVIII, que fue el primero en demostrar la forma en que vibraban los objetos sólidos, Hans Jenny ha reunido una colección de figuras «sonoras» empleando técnicas más avanzadas. Las «formas de sonido» de la foto están constituidas por limaduras de cobre desparramadas sobre una placa de acero y sometidas a una frecuencia de 2,200 ciclos por segundo.


Foto © J.C. Stuten

6. LA VOCAL "O"

La vocal «o» produce esta forma vibratoria cuando se la pronuncia en un tonoscopio, aparato creado para visualizar los componentes básicos del lenguaje. Gracias al tonoscopio, los sordomudos se pueden familiarizar con el sonido de las palabras y practicar tratando de producir la forma que adquiere un sonido determinado.


Foto © J.C. Stuten

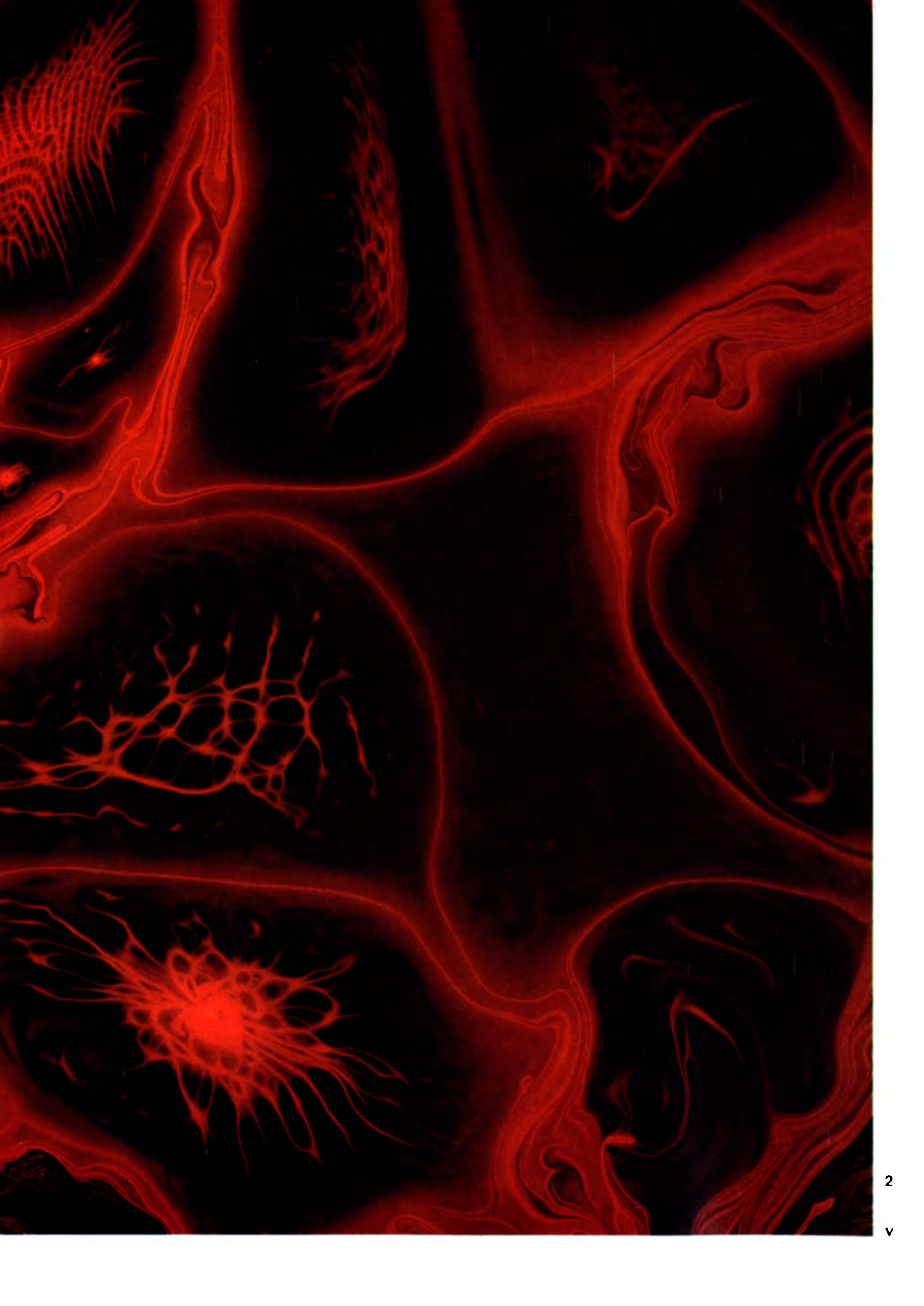
7. COMO DANZA EL SONIDO EN EL OIDO

En estos torbellinos vemos una copia del comportamiento hidrodinámico del caracol del oído (el tubo cónico en espiral donde el sonido llega al oído interno formando torbellinos iguales a éstos). Visibles en esta reproducción del caracol del oído gracias a la anilina que se añade al líquido como marcador, los torbellinos giran continuamente en direcciones opuestas; cuanto más fuerte el tono, más rápida la rotación.



1

٨


2
v



3

ר







6

٢



7

٣



EL BAILE DE LA BURBUJA

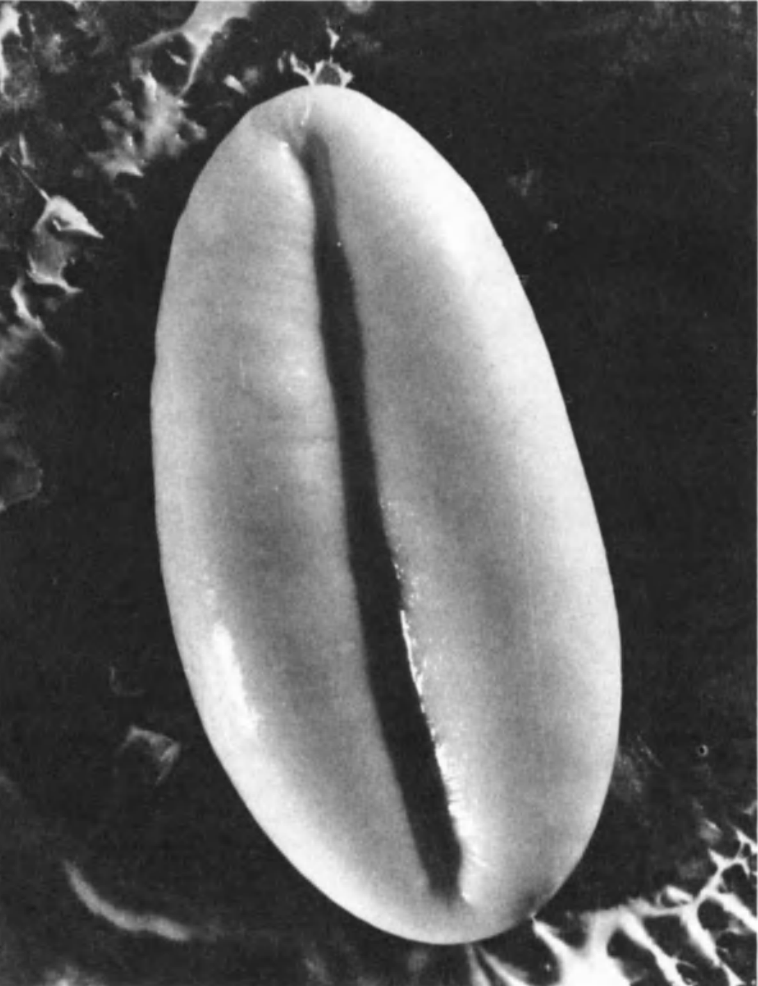
Cuando se hace vibrar una burbuja de jabón común y corriente en un diafragma pueden ocurrir cosas muy extrañas. Se podría decir casi que la burbuja empieza a «respirar» al ir cobrando fuerza dentro de su superficie una serie de pulsaciones rítmicas. La esfera de un principio empieza a cambiar de forma. La foto de la derecha muestra un estado inicial de pulsación que se va complicando al aumentar las vibraciones sonoras (abajo). Las pulsaciones se producen en zonas regulares. La foto en colores de la izquierda muestra en oscilación completa una burbuja de jabón que parece una preciosa copa de cristal. Ambas fotos muestran hasta qué punto la vibración estructura formas tridimensionales.



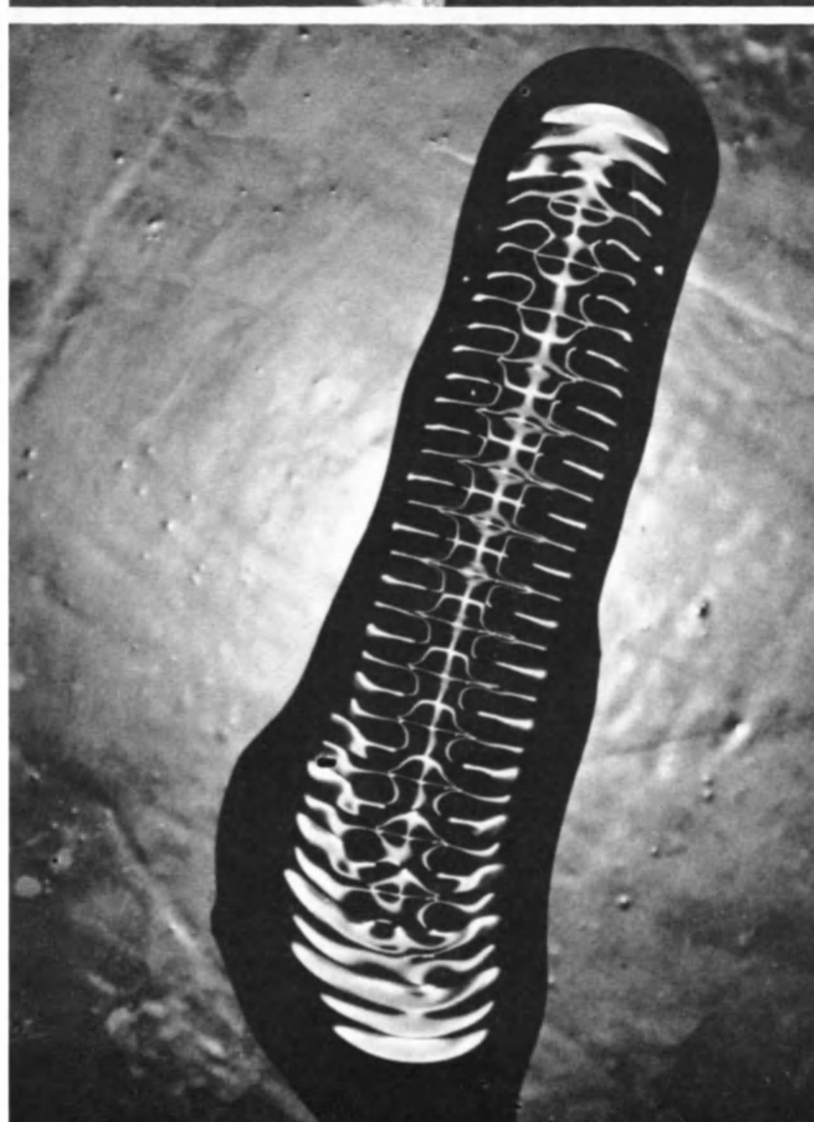
CONSTANCIA Y REVERSIBILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

El estudio de las vibraciones sonoras parece indicar que, en la Naturaleza, las mismas formas estructurales caracterizan por turno los reinos vegetal, mineral y animal, como si todo estuviera regido por leyes permanentes y fundamentales. A la izquierda: las estructuras hexagonales de un líquido puesto a vibrar por ondas sonoras de alta frecuencia son iguales a un nido de abejas; derecha, las formas esculpidas por las vibraciones en una materia viscosa simulan el brote de las yemas de una planta o el crecimiento del coral. Abajo, izquierda, vése la restitución de una de las fases del fenómeno de las vibraciones en un líquido, evocada también en la foto 3 (págs. color). Las vibraciones articulan la materia en formas diversas, reproduciendo (abajo, derecha) cuando se las provoca por medio de ultrasonidos en una delgada película de glicerina, un sistema análogo al de la espina de los peces.









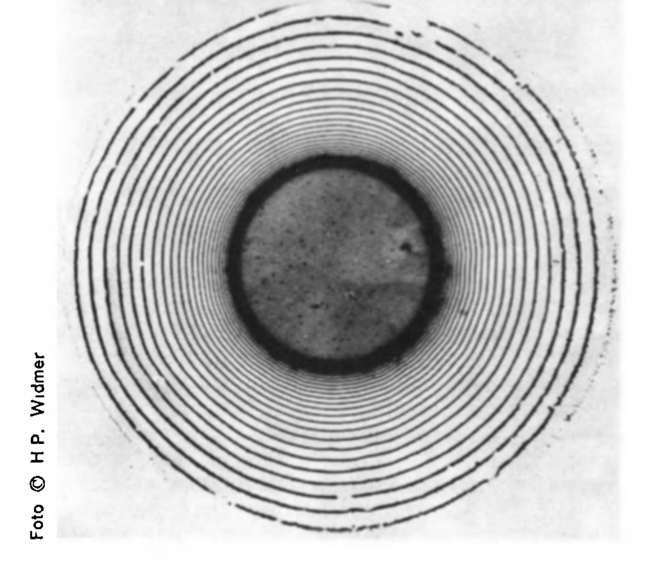


Foto © H.P. Widmer

La Naturaleza está marcada por muchos procesos rítmicos y periódicos en los que no interviene la vibración. Los círculos de la izquierda, conocidos con el nombre de «aros de Liesegang», demuestran un proceso periódico bien conocido en el campo de las reacciones químicas. Cuando se combina bicromato de potasio con nitrato de plata se forma cromato de plata de una manera muy curiosa, como una concentración de anillos que se extienden del centro a la periferia en círculos cada vez mas grandes.

3 - Los grandes ritmos de la Naturaleza

Los ejemplos que hemos puesto darán cierta idea del vasto campo de investigación que abren los efectos de las vibraciones. Examinando todas esas curiosas estructuras, figuras, corrientes y movimientos se amplía nuestro radio de visión y nos damos cuenta de muchas cosas que hasta ahora nos habían pasado desapercibidas. De pronto vemos hasta qué punto la Naturaleza está invadida por ritmos y formas de periodicidad (al respecto cabe recordar que esta última es característica del tejido de las células orgánicas). Los elementos de los organismos se repiten como cadenas de fibras, como persianas del espacio y, más literamente, como tejidos hechos de maneras infinitamente diversas; todas formas con ritmos que se puede apreciar a simple vista. Las formas de las hojas de las plantas son un ejemplo. Pero tanto en la luz como en el microscopio electrónico sigue reinando la ley de la repetición.

En la vida de todos los días tropezamos con otros ejemplos de ritmo, de repetición en serie, de periodicidad. Cada chorro de agua, cada superficie de un estanque y, más aún, cada gota que cae revela complejos de carácter cimático. En las formaciones de nubes aparecen océanos enteros de ondas en sucesión, de campos de ondas y de crestas de ondas. El humo que sale de una chimenea forma remolinos y turbulencias de una manera periódica. En todos los terrenos de la hidrodinámica (véase la foto en colores No. 2 de la pág. 20) y de la aerodinámica se encuentra uno con formaciones de ondas, con turbulencia, con pulsación.

Viendo todos estos fenómenos como un todo bien integrado, el observador llega a desarrollar una facultad intuitiva para las cosas rítmicas y periódicas y a apreciar el estilo cimático de la Naturaleza. En el caso del artista esta facultad intuitiva adquiere una intensidad particular.

Las entrevistas que se ha tenido al efecto con arquitectos, pintores, dibujantes de imprentas y de arte industrial (tejidos, etc.) demuestran que para ellos la cimática no puede ser sencillamente cuestión de copiar figuras que reflejan sonidos o de adoptarlas como motivos de decoración. Una confrontación fecunda del artista con la cimática reside más bien en esto: supongamos que alguien trabaja con formas geométricas (cuadrados o círculos, por ejemplo). Haciendo uso de estos elementos compone sus dibujos, pero las formas con las que trabaja son formas acabadas y completas, formas a las que les falta el elemento naciente.

Pero el artista debe tener conciencia de que todo parte de un origen y tiene su génesis. Este proceso de generación él lo puede experimentar en la esfera de las ondas y vibraciones quizá como en ninguna otra.

Con cada cosa que adquiere forma va la experiencia de lo que le da esa forma; con cada cosa que se idea, que se crea, va la experiencia del medio que suscita su creación. De esta manera, el espacio que rodea a las cosas tiene una vida particular para el escultor, el arquitecto y el pintor.

Supongamos que alguien pone todo su interés en la cinética, en elementos que se mueven y en el juego recíproco de las fuerzas. Ese alguien tendrá que encarar más adelante el problema de hacer surgir de un sistema móvil como ése una configuración determinada. ¿De qué manera se relaciona un proceso dinámico con una forma o una figura específica? Una vez más en este caso, si se piensa en el problema en términos para los que la vibración es la respuesta, en el campo de la misma predominan, por más grandes que sean los cambios y las transformaciones, determinados tipos y aspectos de figuras. Hasta las turbulencias, con toda la inestabilidad que las caracteriza, contienen un elemento de formación que se repite.

De ello se desprende que los fenómenos de las ondas y los efectos de la vibración componen una especie de totalidad (véanse la foto en colores No. 3 de la pág. 21 y las de las páginas 11, 13, 14 y 15). Al mismo tiempo que proyectan una luz sobre el proceso de formación, también lo hacen sobre la forma definitiva que resulta de él, e iluminan y aclaran así tanto el movimiento como la forma estacionaria. Y aquí nos encontramos nuevamente con que hay que mirar detrás de las formas fijas para ver qué proceso lleva a ellas. El procedimiento lógico consiste en descubrir cuáles son las etapas que preceden a las formas obtenidas y someter esas etapas a un minucioso examen. Esto nos trae a considerar lo que significa el fenómeno cimático en sí.

En primer lugar, hay que decir en este sentido que el simple parecido entre los fenómenos naturales y los resultados de los experimentos no justifican la conclusión de que haya una identidad esencial entre unos y otros. No cabe duda de que los efectos de muchas ondas se parecen a tal o cual fenómeno natural. Pero la interpretación y el establecimiento de una analogía no llevan en este caso a ninguna parte, porque dejan de lado el verdadero cogollo de la cuestión.

La cuestión es la siguiente: la observación de vibraciones y ondas rinde toda una serie de categorías específicas de fenómenos, y demuestra asimismo que tan diversos elementos aparecen como un todo en un sistema de vibraciones en el que descubrimos rasgos estructurales, pulsativos y dinámico-cinéticos. Podemos decir así que cuando manejamos sistemas de vibración notaremos que aparecen en ellos, adecuadamente transformados, los efectos cimáticos que hemos observado en nuestros experimentos, y que estos últimos nos proporcionan en esa forma modelos conceptuales capaces de estimular la imaginación.

Está de más decir que hay que comprender cada campo o cada terreno de vibración juzgándolo dentro de sus propios términos; pero así y todo, una experiencia de orden cimático guía y disciplina la facultad intituitiva de tal manera, que la atención se despierta frente a muchos hechos relacionados entre sí y que de otra manera habrían pasado desapercibidos.

Tomemos por ejemplo el de la astrofísica. No cabe duda alguna de que

SIGUE A LA VUELTA

en este campo tendrán que producirse efectos concretos de la vibración de acuerdo con las líneas generales que hemos indicado. Una compilación de fenómenos cimáticos abarca toda una serie de rasgos y relaciones para los que hay que descubrir en astronomía la verificación adecuada, sea ésta de carácter planetario, solar o galáxico. Desde este punto de vista es evidente que en los vastos procesos de energía que se operan en el cosmos tendrán que presentarse, en forma de conglobaciones, rotaciones, pulsaciones, circulaciones, interferencias y remolinos, etc., sistemas tanto de oscilación como de vibración.

En este sentido se han hecho experimentos en los que se observó la forma en que determinados materiales reaccionaban frente a las influencias magnéticas de un campo de este tipo bajo la acción de las vibraciones (véanse las fotos de las pág. 4 y 5). En la magnetohidrodinámica aparecen así elementos notables que deben su carácter enteramente a la vibración. Tanto en el plano estructural como en el dinámico, uno ve que es así, lo cual justificaría hablar de «magnetocimática». Lo que cabe hacer es encontrar fenómenos correspondientes a éstos en campos cósmico-magnéticos; pero no tenemos la menor intención de invadir terrenos que están dentro del dominio de astrónomos y astrofísicos.

Se puede citar también la biología como otro ejemplo de un terreno en que cabe resumir o extractar modelos conceptuales y hacerlos servir determinados propósitos de investigación. Los estudios cimáticos, particularmente, pueden penetrar en el corazón mismo de la biología. Todos los fenómenos a los que nos hemos referido hasta ahora son macroscópicos, pero se ha podido llegar a demostrar ciertos efectos cimáticos en la dimensión microscópica, o en otras palabras, se ha descubierto la posibilidad de aplicar el método cimático, en todas sus variaciones, a los procesos que tienen lugar en las células.

Estas investigaciones abren un camino no solamente a la observación de los procesos celulares en lo que respecta a sus características rítmicas y oscilatorias sino también —lo que es más importante— al estudio de la influencia de la vibración y sus efectos sobre tejidos tanto sanos como enfermos y células tanto normales como degeneradas. La misma naturaleza del proceso carcinomatoso hace que el cáncer tenga un sitial de preferencia en este orden de estudios. La tarea que nos espera, por consiguiente, es la de inducir efectos de vibración determinados en un hecho de orden celular y examinar a fondo los resultados, tanto estructurales como funcionales, por lo que respecta a división de células, respiración de éstas, crecimiento de un tejido, etc.

De este modo, los modelos y fenómenos básicos de la física experimental se unen a las ideas de la vibración como elemento cosmogénico, medida que Rudolf Steiner, inspirado por su estudio de la mente y el espíritu humano, preconizó hace 60 años por lo que respecta a la astrofísica y la biología.

Cada experimento señala el camino a seguir en el próximo; la Naturaleza sola guía al investigador de una etapa a otra. En medio del camino su mirada puede detenerse en cierto número de fenómenos periódicos que no se deben a la vibración propiamente dicha: precipitaciones químicas de carácter rítmico llamadas «anillos de Liesegang» (véase la foto de la pág. 29); cristalización rítmica, procesos rítmicos en las soluciones coloidales, formación periódica de membranas semi-permeables o penetrables, etc. Se tiene así la prueba de que la periodicidad aparece también activamente en el terreno de las reacciones químicas.

¿Adónde conducen todos estos experimentos? ¿Qué significado pueden tener para la vida humana en general? Aparte de las muchas aplicaciones prácticas que presagian, nos enseñan a observar el mundo en tal forma que nuestra experiencia de él se ve estimulada, enriquecida y profundizada, y permiten fundamentalmente a todo el mundo desarrollar más de lo que lo ha venido haciendo su ser y su personalidad esenciales. ■

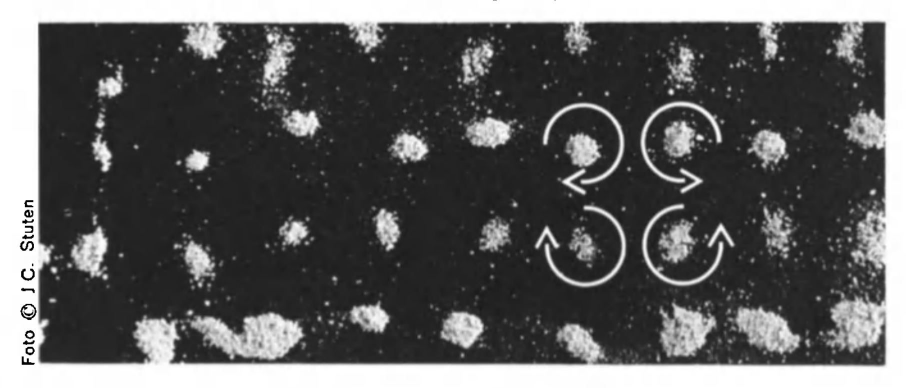
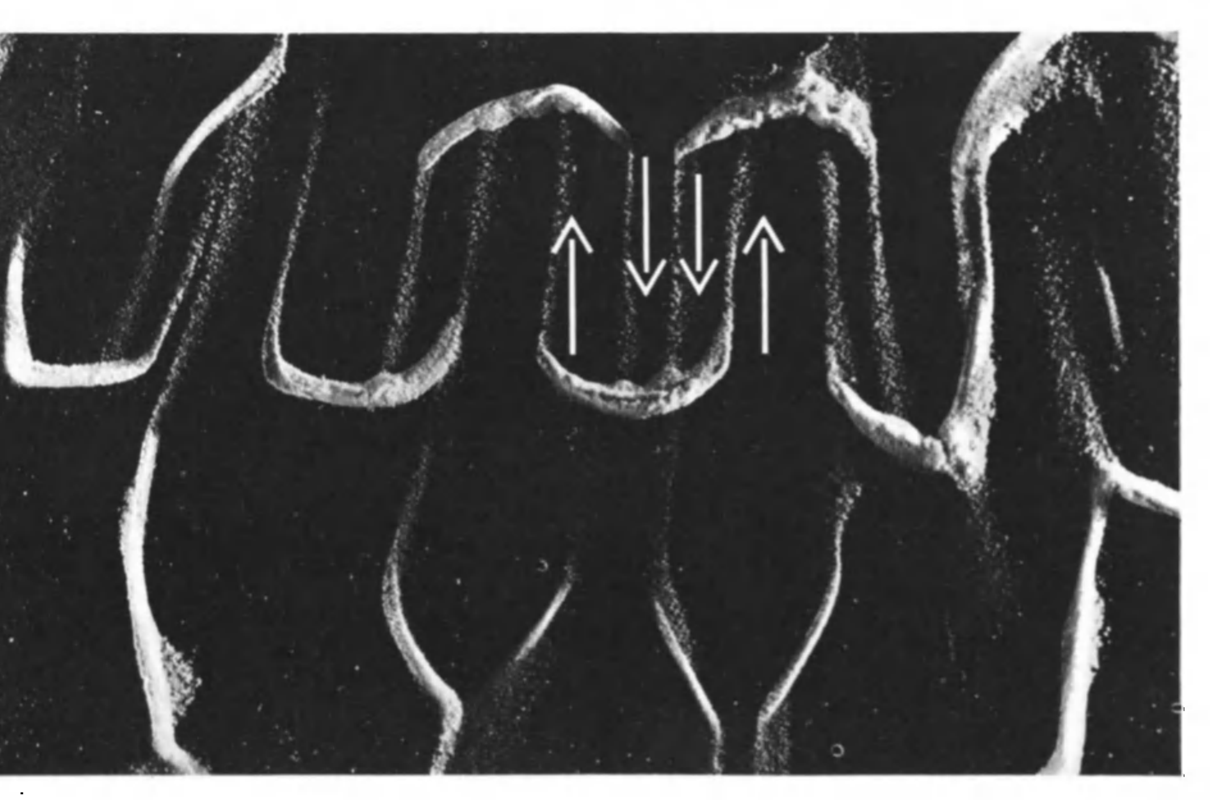


Foto © J.C. Stuten



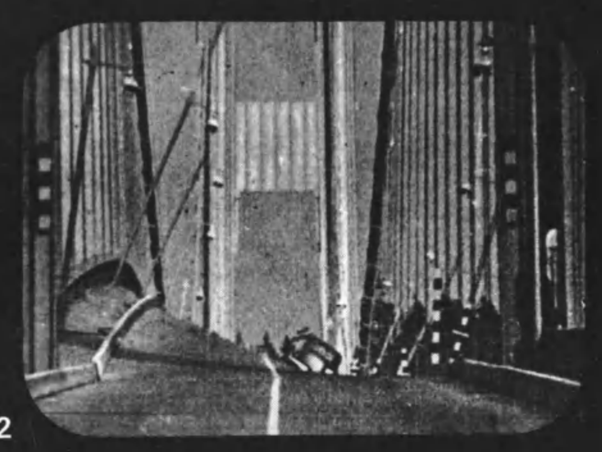
Estas dos fotos (la de arriba y la de la izquierda) además de ser gráficamente interesantes, registran un fenómeno extraordinario de nuestro universo en perpetua vibración y movimiento. Cada una de las fotos muestra una substancia granulada —la de arriba, polvo de cuarzo, y la de la izquierda, polvo de licopodio— a la que se ha hecho vibrar sobre una lámina de acero. Las flechas indican pequeñas áreas circulares y corrientes de partículas rotando y fluyendo en la dirección de las agujas de un reloj y en la contraria. A 8.500 ciclos por segundo, el polvo de licopodio crea corrientes, y el de cuarzo, a 12.460 ciclos, montones redondos que giran. La razón de estas rotaciones y corrientes contrarias no se sabe exactamente, pero con seguridad obedece a alguna ley física desconocida.

EL PUENTE QUE VIBRO HASTA ROMPERSE

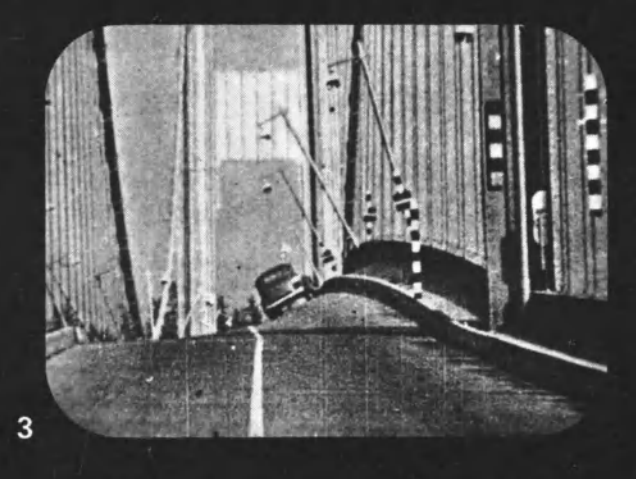


1

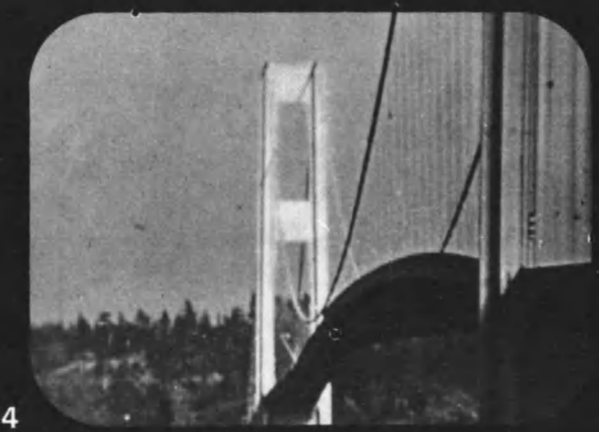
Como una cuerda de violín vibra cuando pasa por ella el arco, un puente suspendido, tendido entre sus dos pilares, vibra también bajo la acción del viento. Ello explica que una columna de soldados rompa el paso al atravesar un puente. La amplitud de las oscilaciones puede alcanzar un grado muy alto y causar un intenso desgaste de los materiales con que se ha construido la obra, hasta llegar en algunos casos a la destrucción completa. El 7 de noviembre de 1940, el puente del estrecho de Tacoma, en los Estados Unidos, se rompió. A la izquierda, la película de la catástrofe: 1) con un viento que sopla a 70 kms. por hora, el puente empieza a sufrir una oscilación de torsión facilitada por el desenclavamiento de un cable; 2 y 3) vista particularmente precisa de la amplitud de las oscilaciones de torsión: un automóvil determina la escala del fenómeno ; 4 y 5) las oscilaciones han llegado a ser de una amplitud tal, que la ruptura se hace inevitable. Abajo, imagen del puente totalmente dislocado. En Venecia, las oscilaciones de las aguas de la laguna, repetidas por espacio de siglos (sea por agentes naturales como las mareas y los vientos o mecánicos, como los «vaporetti» a motor) han provocado una seria degradación de inmuebles y monumentos.



2



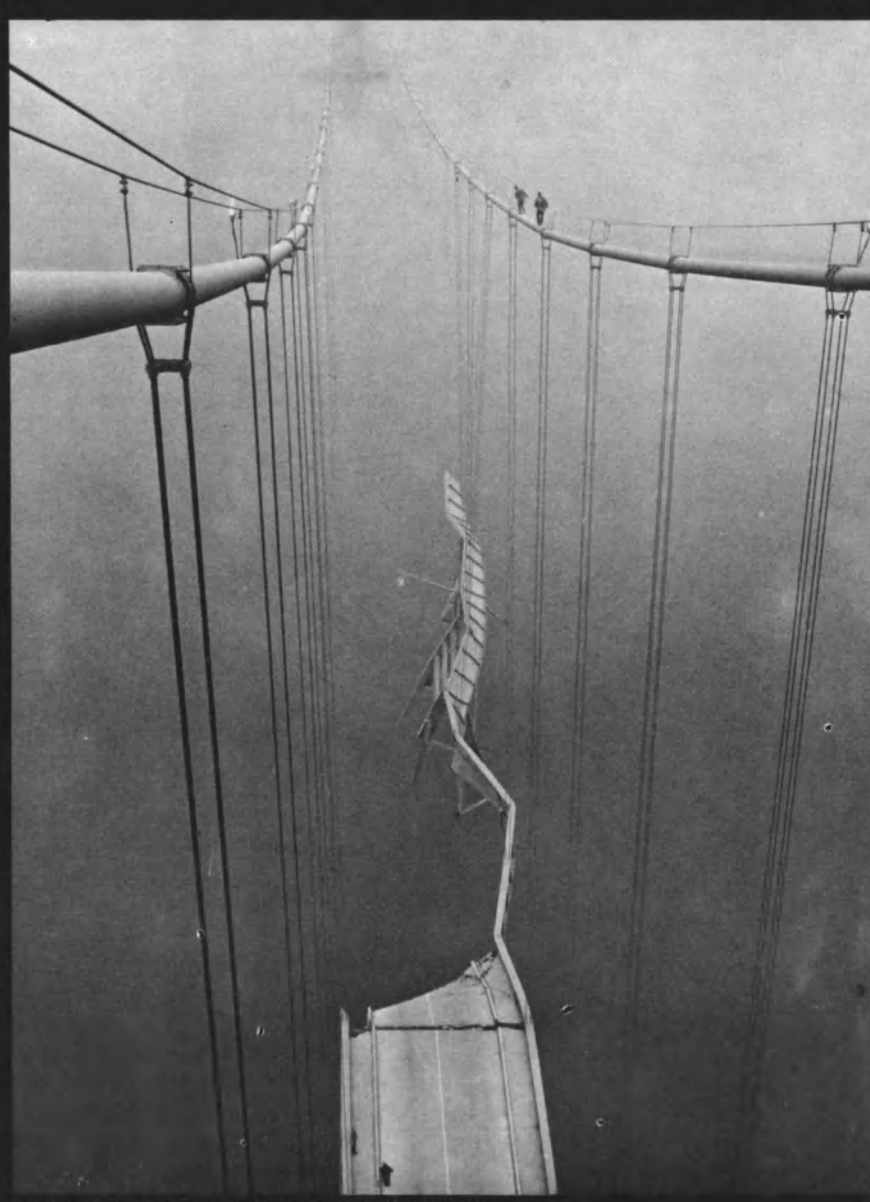
3



4



5



Fotos © F. B. Farquharson, Universidad de Washington

LOS CUASARES Y EL NACIMIENTO DEL COSMOS

por Gyorgy Marx

Al levantar la vista al cielo en una noche clara podemos percibir miles de estrellas.

Se puede ver sin ayuda de aparato alguno los astros más luminosos situados hasta a varios miles de años-luz de nuestro planeta; y con un telescopio se va mucho más allá, hasta a varios millones de años-luz de distancia. Más lejos todavía no se pueden distinguir ya astros aislados, pero sí las aglomeraciones que forman, las galaxias semejantes a aquella de que forma parte nuestro Sol y que reúnen miles y cientos de miles de astros. La luz total de estas galaxias puede registrarse hasta a distancias de varios miles de años-luz; esta luz que registramos en la placa fotográfica comenzó su viaje hacia la Tierra cuando la vida empezaba a aparecer apenas en ésta.

En esta forma no podemos sondear sino una parte ínfima del Universo. Haría falta poder penetrar mucho más lejos todavía, en las profundidades del espacio y el tiempo, para conocer su estructura y su historia. Los cuerpos celestes, astros y galaxias que vemos ahora empezaron a formarse hace más de diez mil millones de años. Habría que remontarse por tanto a diez mil millones de años atrás para comprender la historia genética de la materia.

Antes de Copérnico, el hombre se hacía una imagen simple del Universo. Centro de éste, y sitio natural de la condensación de la materia, era la Tierra. Copérnico le quitó al globo terráqueo esta posición privilegiada. Uno de sus admiradores, que al mismo tiempo era camarada de Galileo —el pensador napolitano Giordano Bruno— imaginaba ya un número infinito de mundos, todos de la misma importancia. Desde entonces el hombre se representó al Universo como lleno de cuerpos celestes uniformemente distribuidos en el espacio y en el tiempo y con una densidad homogénea, así como las moléculas de un gas se hallan distribuidas en un depósito. Al principio, dentro de este idea, las moléculas de ese gas cósmico fueron las estrellas, y con ellas nuestro sol; pero a partir de los trabajos de Hubble son más bien las galaxias —islas de materia que contienen millones de astros— las que el hombre considera como moléculas de la cosmología.

De cualquier modo, las cosas no se presentan de una manera tan sencilla como todo eso. Galileo nos ha enseñado que las mismas leyes físicas son válidas para el cielo y la Tierra. Pero si se pone uno a aplicar las leyes de la gravitación universal a un gas de extensión infinita —como ese cuyas moléculas serian las galaxias— un cálculo simple demuestra que dicho gas no puede estar en equilibrio. O bien domina la atracción en él, o bien el movimiento lo arrastra. Un gas formado por galaxias tiene forzosamente que dilatarse o contraerse.

Las observaciones de Hubble demostraron en 1926 que la materia del Universo está en vías de dispersión. Cuanto más lejos se mira a las profundidades del cielo, más rápidamente huyen de nuestra vista las galaxias que contemplamos. Todas las observaciones han confirmado la ley establecida por Hubble. La velocidad de alejamiento de una galaxia es proporcional a su distancia. Las que se encuentran a mil millones de años-luz de la Tierra huyen a una velocidad de 30.000 kilómetros por segundo, o sea el diez por ciento de la velocidad de la luz. Las que se encuentran dos veces más lejos, a dos mil millones de años-luz, huyen de nosotros dos veces más rápidamente. El Universo no es una formación estática e invariable; la imagen que despliega ante nuestra vista cambia constantemente con el tiempo.

Viviendo en un Universo en evolución, uno no puede menos de preguntarse lo que ese Universo ha sido en el pasado y lo que será en el futuro. ¿Cuánto tiempo durará esta dispersión, esta expansión que se registra en él? Si continúa indefinidamente porque así deben ser las cosas, las galaxias van a acabar por encontrarse a tal distancia unas de otras que la luz que emita una de ellas no podrá ya alcanzar ni siquiera a las que tenía más cerca de sí. Nuestro propio sistema galáctico —la Vía Láctea— ¿estará destinado entonces a flotar en la nada como una isla solitaria?

Pero tratemos de pasar la película hacia atrás, hacia el pasado. Mirando hacia el pasado habrá que ver entonces cómo las galaxias se acercan y deducir de ello que hace aproximadamente diez mil millones de años toda la materia del Universo estaba fuertemente condensada. La expansión ha debido producirse a partir de un estado de gran densidad, desatándose como una explosión.

Apoyándose en los cálculos de Friedman, son muchos los astrónomos que han adoptado esta hipótesis de un estado inicial densísimo de la materia

---

GYORGY MARX *es profesor de física teórica en la Universidad de Budapest y redactor-jefe de la publicación científica húngara «Fizikai Szemle» (Revista de Física). Sus estudios sobre la teoría cuántica le valieron en 1955 el premio húngaro «Kossuth». Este artículo es el resumen de una serie de seis charlas grabadas por el autor para la Universidad Internacional del Aire.*

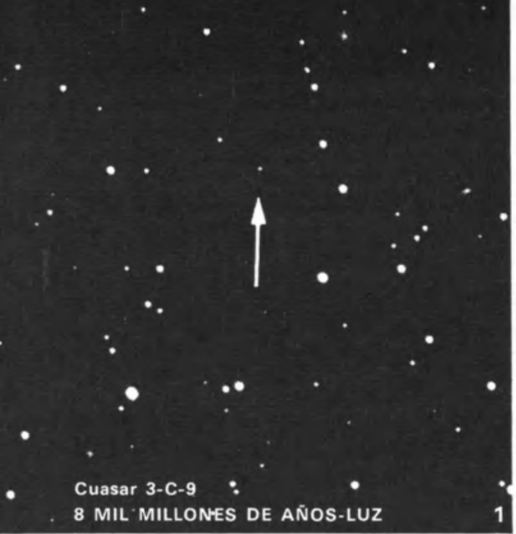


Foto © National Geographic Society - Observatorio del Palomar, California



MENSAJES DE HACE OCHO MIL MILLONES DE AÑOS

Al publicarse en el número de Marzo de 1963 de la revista inglesa *Nature* cuatro trabajos de científicos australianos y norteamericanos nació una nueva rama de la astronomía con el descubrimiento de objetos cuasiestelares (de ahí su nombre actual de cuasares). Arriba, izquierda, el cuasar 3-C-9, visible con un poderoso telescopio (flecha) es un punto minúsculo en el fondo del cielo cuyo brillo nos llega luego de ocho mil millones de años-luz a la velocidad de 300.000 kms. por segundo. Ese brillo ayuda a reconstruir acontecimientos cósmicos tan remotos como el origen de nuestra galaxia. Los dibujos de arriba y abajo nos dan, por comparación, una idea de las pasmosas dimensiones del Universo.

y han tratado de deducir de él, mediante el cálculo, las diversas condiciones observables en el Universo actual. Otros tienen sus reservas al respecto: la primera es la de que una cadena de deducción que se remonta tan lejos como esa se encuentra a la merced del menor descuido, del menor olvido de una circunstancia determinada.

En medio de un mar de suposiciones diversas, entre 1965 y 1966 se ganó un primer punto de apoyo al descubrirse el ruido de fondo que existe en todo el Universo, un ruido de radio que lo llena de modo homogéneo e idéntico en todas direcciones.

En la esfera de las ondas métricas y otras más grandes, el Universo está invadido por emisiones de radio que provienen de las galaxias y de diversos cuerpos celestes. En la de las ondas milimétricas, lo que las produce es nuestra atmósfera, o si no nuestra ionosfera. Entre las ondas métricas y las milimétricas, es decir, en la esfera de las ondas centimétricas, había silencio. Pero al escrutar más a fondo ese reino del silencio, se descubrió en él una débil radiación térmica. Este es el ruido de fondo de que hablábamos; una radiación incoherente que no proviene de cuerpos celestes determinados ni tampoco de determinadas direcciones en el cielo. Esta radiación corresponde a una temperatura de 3 grados absolutos, es decir, 270 grados bajo el cero centígrado, y se presenta como un débil ruido de radio, pero si se piensa que está presente de manera uniforme en todo el Universo, no es difícil comprender la importancia que tiene. En primer lugar, en esa radiación hay mil millones de veces tantos fotones como átomos contiene el Universo, y su densidad de energía sobrepasa un centenar de miles de veces la de la luz que despiden todos los astros.

SIGUE A LA VUELTA

Nebulosa de Orión
Sistema solar
1.000 AÑOS-LUZ
3

Andrómeda, galaxia vecina de la nuestra
Nuestra galaxia
2 MILLONES DE AÑOS-LUZ
5

4
Nuestra galaxia
100.000 AÑOS-LUZ

6
12 MIL MILLONES DE AÑOS-LUZ
8 MIL MILLONES DE AÑOS-LUZ
Radio del Universo observable con los telescopios fotográficos más grandes (línea llena) y con los radiotelescopios (línea punteada)

Dibujos © tomados del libro « A l'affût des étoiles », de Pierre Bourge y Jean Lacroux, editado por Dunod, Paris

Si uno supone que el Universo debió ocupar un volumen que, a medida que se retrocede en el tiempo, era cada vez más cerrado y compacto, encontrará intensidades de radiación cada vez mayores y temperaturas de radiación cada vez más altas. Hemos dicho que la temperatura actual es de 3 grados absolutos; hace cinco mil millones de años debía ser de 6 grados absolutos y hace siete mil millones de años, de 30 grados absolutos.

Se ha encontrado solamente una explicación a la existencia de tantos fotones en el espacio: la de que se hayan producido en el seno de una materia muy condensada y con un calor enorme, como debía serlo hace diez mil millones de años, al comenzar la expansión. A partir de ese momento, al repartirse la radiación por un volumen cada vez más vasto, la temperatura disminuye en forma adiabática. La radiación actual, a 3 grados absolutos, es como un recuerdo de que el punto de partida de la expansión del Universo fue un estado singular de la materia en que la temperatura sobrepasaba sin duda el billón de grados y las radiaciones predominaban sobre la materia atómica.

Según los cálculos de Zeldovich, en el curso del primer segundo de la expansión del Universo la temperatura baja a diez mil millones de grados, y al cabo del primer minuto a algunos millones de grados. A partir de ese momento comienza a dominar la materia con la formación de los primeros núcleos atómicos. Durante los diez primeros millones de años llega a bajar hasta cuatro mil grados, pudiéndose constituir átomos neutros, es decir, revestidos de todos sus electrones periféricos, en el seno del plasma ionizado. Luego les toca el turno a las enormes nubes de gas, cada una de las cuales proporciona la materia necesaria para una galaxia. El Universo cobra poco a poco el aspecto que le conocemos, y pasamos de la bruma de la especulación pura a la investigación científica basada en observaciones directas.

Naturalmente, la radiación residual a 3 grados absolutos no da más que una imagen confusa del nacimiento de los átomos y las galaxias, sin proporcionar ningún detalle al respecto. La información que se puede extraer del estado actual de la materia atómica no proporciona una imagen menos deformada. En el Universo actual se fabrican incesantemente elementos pesados; ello hace casi imposible deducir la proporción inicial de elementos, o, como consecuencia, las condiciones de temperatura y densidad reinantes en un principio. Los astrónomos, por todas estas razones, atribuirían un valor inestimable al descubrimiento de un testigo directo, no deformado y capaz de aportar una información concreta sobre la época inicial del Universo.

Ese testigo, esa información ¿podrían encontrarse en los cuasares?

Para poder orientarnos en las profundidades del espacio y del tiempo tendríamos necesidad de unos faros que fueran visibles a distancias enormes, que resultaran un billón de veces más luminosos que las estrellas, cien veces más luminosos que las galaxias y lo bastante lejanos como para descubrir gracias a ellos la estructura de nuestro Universo. Esta clase de faros es lo que los astrónomos han creído descubrir en los primeros años de esta década en unos astros que han llamado «cuasares» como contracción del término «cuasiestelares»; pero en realidad se trata de galaxias de un género especial, que en un principio se tomó por estrellas.

El cuasar 3-C-9, que se pudo identificar a la vez ópticamente y por radiotelescopio, tiene un espectro luminoso cuyas rayas se desplazan en un 215% hacia las grandes longitudes de onda. Si, como se ha reconocido generalmente, este deslizamiento del espectro hacia el rojo se debe a la velocidad de la fuga, y si ésta es proporcional a la distancia (en otras palabras, si nuestro Universo se halla en plena expansión) una diferencia de 215% corresponde a una velocidad de fuga de 240.000 kms. por segundo y a una distancia de 8 mil millones de años-luz.

Lo extraordinario es que esos astros emitan bastante luz o bastante energía de radio como para que se los pueda distinguir a semejantes distancias; su emisión de energía puede estimarse en un billón de veces la de la luz del sol. Más allá de distancias semejantes los objetos son demasiado pálidos como para que pueda medirse la diferencia de su espectro, y nuestros telescopios ópticos no pueden ver más lejos. Pero ocho mil millones de años-luz significan que la luz del cuasar 3-C-9 está en camino desde entonces. Ver ese cuasar es contemplar lo pasado hace ocho mil millones de años y abarcar cerca del 80 % de la historia de nuestro Universo.

Aunque ocho mil millones de años-luz parezcan actualmente un límite extremo para la observación óptica, la radioastronomía puede ir más lejos que eso. Los radiotelescopios, en efecto, han detectado radio-fuentes de la misma clase que los cuasares y más débiles que la del 3-C-9. Suponiendo que todas esas fuentes tengan intensidades absolutas análogas, su intensidad aparente permite medir su distancia: y el alcance de nuestros radiotelescopios se puede calcular entonces en unos nueve mil millones de años-luz, alcance que, fabuloso como es, acaba de sobrepasar el nuevo radiotelescopio gigante que llena un circo natural en Puerto Rico. Con él se está seguro de registrar la emisión de radio-galaxias y cuasares situados a distancias de diez a doce mil millones de años-luz. En otras palabras, se tiene la posibilidad, por decirlo así, de escuchar los comienzos del Universo en transmisión directa.

Tal posibilidad, que hace muy pocos años habría parecido todavía fabulosa, se ha convertido en realidad gracias a la intensidad extraordinaria de la emisión de los cuasares, tanto por lo que respecta a la luz como a las señales de radio. La emisión de radio es resultado de una o varias explosiones que han calentado al mismo tiempo el núcleo central con tal intensidad que pudo brillar como un millón de soles durante un millón de años, si no más. La de las radio-galaxias se debe a una explosión de la misma índole, aunque quizá menos intensa.

Es posible utilizar esos faros, situados en los confines del Universo, como bases de triangulación para cartografiar todo el mundo sideral en el espacio y en el tiempo. Y no se trata precisamente de una esperanza lejana: el levantamiento cartográfico correspondiente ha sido efectuado ya, con resultados que presentan un enorme interés.

¿Cómo podemos imaginarnos el funcionamiento de los cuasares tal como se efectúa (o se ha efectuado) en el tiempo? En los cien mil años que suceden al primer relámpago, la emisión debe ser de una intensidad constante; a partir de entonces la potencia de la radiación empieza a disminuir exponencialmente. Un millón de años después de ese incendio, dicha potencia no es sino la milésima parte de la de un principio, y luego de diez millones de años ha disminuido otras mil veces más. El cuasar se desvanece hasta desaparecer de nuestra vista. No se ha observado ninguno cuya edad haya podido calcularse en más de unos pocos millones de años.

La distancia se puede evaluar por la intensidad aparente; y por esta misma razón se puede determinar su distribución en el espacio. Se comprueba entonces que la densidad espacial del cuasar es más o menos homogénea dentro de los límites de uno a dos millones de años-luz. Más allá de esta distancia, el número de ellos aumenta aparentemente en todas direcciones, y su densidad se hace doble en un casquete esférico con un radio de algunos miles de millones de años-luz. A partir de ahí vuelve a disminuir muchísimo, y sobre el horizonte de radio, a nueve mil millones de años-luz, no tiene sino la quinta parte de la densidad observada en sus proximidades.

Esta disposición espacial expresa, en realidad, una evolución temporal, ya que los cuasares se observan a las distancias que corresponden a la época de su existencia. Si nos parecen más numerosos a distancias de

SIGUE EN LA PAG 41

UNA OBRA DE INGENIERIA INNATA

Estudiando, etapa por etapa, la construcción de una tela de araña

por Bert E. Dugdale

Me encontraba en agosto de 1942 en Fayson Lakes, pequeña estación de veraneo de Nueva Jersey, y una mañana temprano se me presentó una oportunidad que estaba esperando desde hacía años: la de ver cómo una araña construía su tela. Una, en efecto, acababa de colocar los hilos de soporte que le permitirían empezar a tejerla. Rápidamente tomé mi tabla de dibujo, papel, lápices y una regla para registrar de la manera más precisa posible las diferentes etapas del trabajo de la araña, colocando mi silla a un brazo de distancia de lo que, dentro de poco, sería una ingeniosa construcción.

A medida que la araña añadía a ésta nuevos elementos, yo trazaba las líneas correspondientes, anotando el orden en que iban produciéndose. La araña me hizo dibujar con tal prisa que en ese momento no tuve tiempo de apreciar la importancia científica de su trabajo. Terminado éste, tanto ella como yo nos dedicamos a nuestras cosas, y mi dibujo acabó en uno de los archivos de mi casa.

Pasaron 23 años. Un día, al cambiar de lugar unos papeles, lo encontré y al analizarlo detenidamente, quedé fascinado.

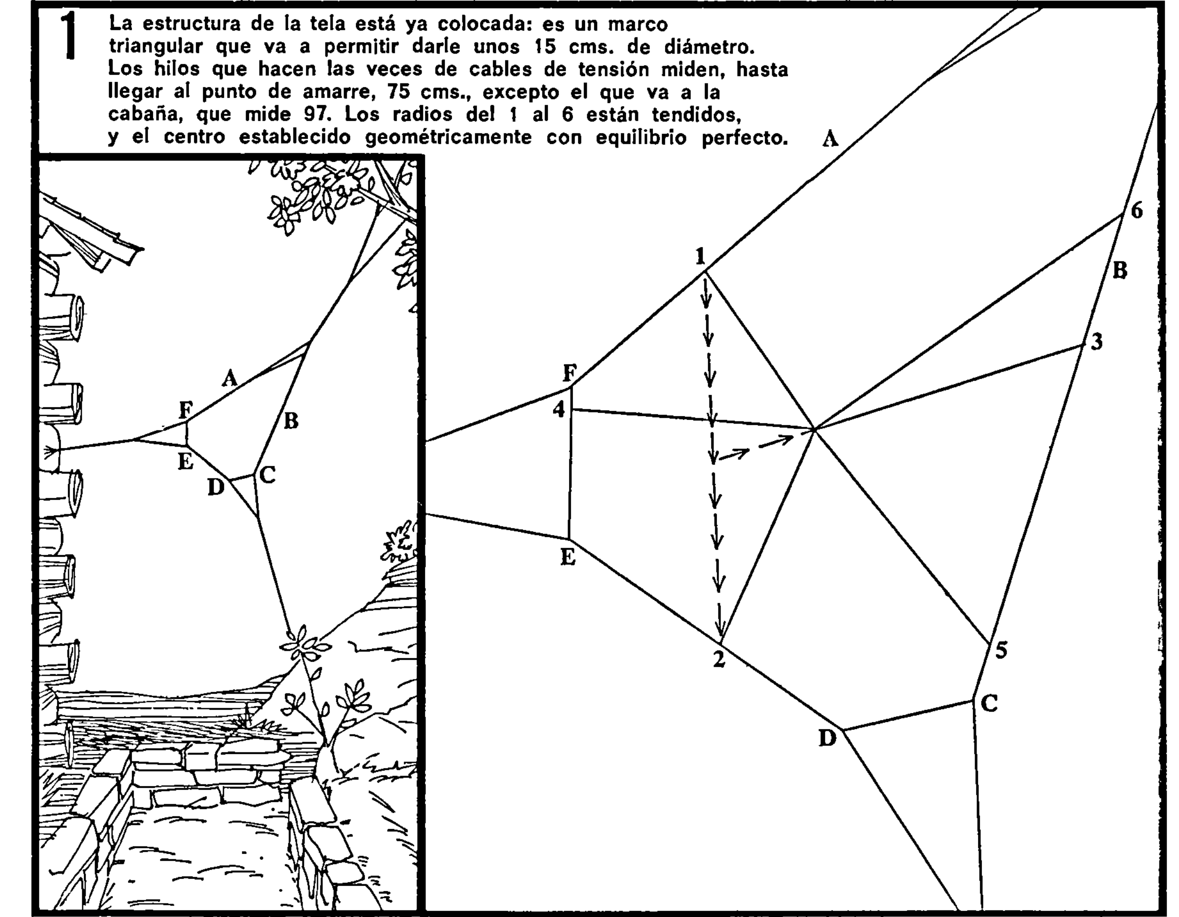
Empecé por delinear las etapas del trabajo del animal en diferentes hojas de papel, y sólo entonces, al revisarlas una por una, me dí cuenta de lo que significaba el plan seguido por la araña, plan que no dejaba nada

SIGUE A LA VUELTA

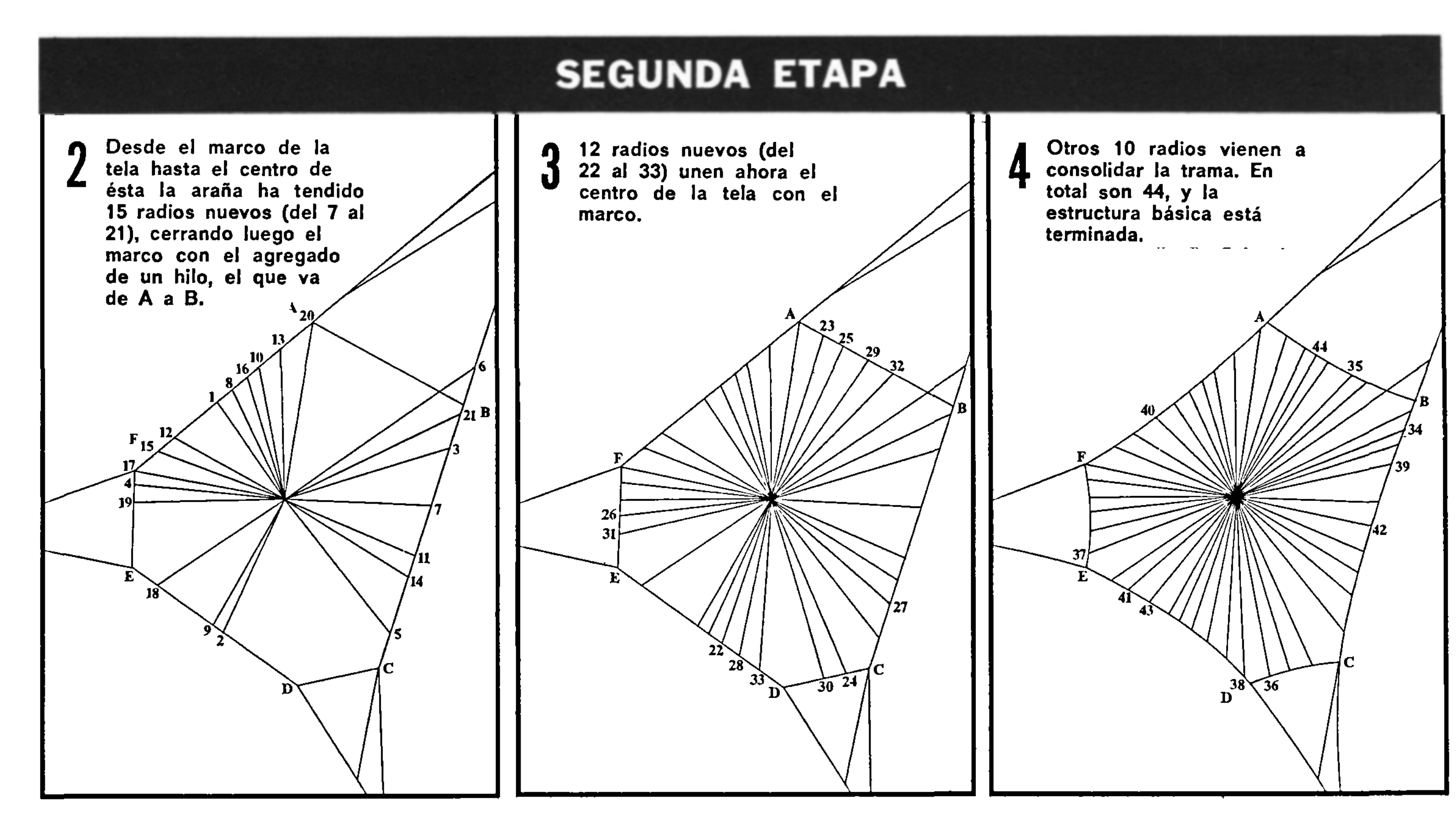
BERT E. DUGDALE *es un ingeniero constructor norteamericano actualmente retirado y cuyo interés por las arañas data de su niñez. Más tarde, en su vida profesional, lo sorprendió la semejanza entre los problemas que debía resolver una araña para construir su tela y los de sus propios colegas frente a cualquier construcción. Tal constatación lo llevó a observar cuidadosamente el proceso del tejido de una tela de araña, objeto de este artículo publicado originalmente en marzo de 1969 por «Historia Natural» periódico del Museo Norteamericano de Nueva York que se dedica exclusivamente a esta disciplina.*

CUATRO ETAPAS DE LA CONSTRUCCION DE UNA TELA

Tender su trampa en un sitio que esté al abrigo, cerca de una zona donde haya flores u otros alimentos que puedan atraer a su presa; tal ha sido siempre la técnica de la araña tejedora. Un ingeniero describe en estas páginas las cuatro etapas de la construcción de una tela tal como las ha observado en su jardín, donde fue registrando todos los detalles en sus hojas de dibujo. A la derecha, el lugar elegido por la araña entre un avellano, una cabaña rústica y una planta de rocalla.



1 **La estructura de la tela está ya colocada: es un marco triangular que va a permitir darle unos 15 cms. de diámetro. Los hilos que hacen las veces de cables de tensión miden, hasta llegar al punto de amarre, 75 cms., excepto el que va a la cabaña, que mide 97. Los radios del 1 al 6 están tendidos, y el centro establecido geométricamente con equilibrio perfecto.**



UNA OBRA DE INGENIERÍA INNATA *(cont.)*

La Naturaleza, maestra de la planificación

librado ni a la suerte ni a la casualidad.

El dibujo de la izquierda muestra el lugar en que la araña construyó su tela, entre una pequeña prominencia rocosa, una cabaña de troncos y un arbusto. Entre la roca y una de las esquinas de la cabaña había unos dos metros de distancia, y la rama del arbusto avanzaba hacia ésta a la altura del techo de la cabaña. En ese rincón crecían flores silvestres, que seguramente atraían a los insectos; y dada la situación del lugar, protegido por los troncos de la cabaña, las rocas y los arbustos, eran muchas las arañas que lo escogían para fijar allí su residencia. Aquella mañana una «Micrathena gracilis», especie muy conocida en América del Norte, gris de color, de medio centímetro de tamaño y con un abdomen armado de espinas bien características y de los algo más habituales apéndices que le sirven para tejer, decidió soltar los primeros hilos sedosos de su construcción.

La araña tardó en completar su obra unas dos horas y media. Todo el proceso, que consistió de cuatro etapas, puede describirse así:

Primera etapa: colocación de los hilos de soporte estructural para dar a la obra un marco en forma de triángulo; la tela iba a tener unos 15 centímetros de diámetro. (El dibujo Nº 1 refleja la primera observación de la escena y la creación del centro de la tela).

Segunda etapa: creación del sistema de radios que conectan el centro de la tela con el marco exterior (Dibujos 2 a 4).

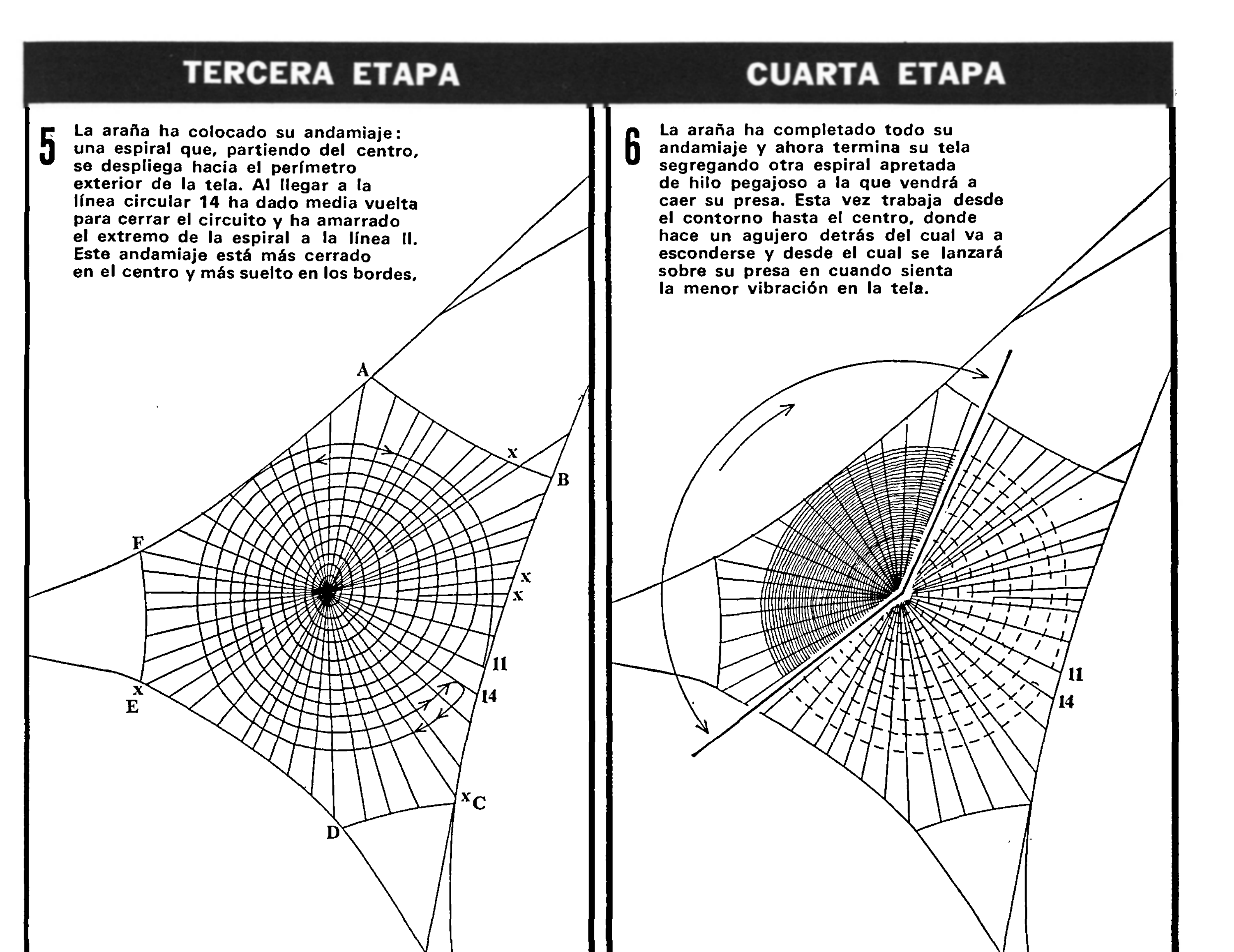
Tercera etapa: construcción de un andamiaje temporario en forma de espiral, que iría del centro al marco exterior (Dibujo 5).

Cuarta etapa: instalación de la espiral de hilos pegajosos con la que concluye el trabajo, y retiro del andamiaje correspondiente (Dibujo 6).

PRIMERA ETAPA (Dibujo 1): Al observar yo por primera vez la tela, la araña ya tenía extendidos los tres hilos principales de soporte, así como los hilos cruzados C-D y E-F, completando el polígono exterior que serviría de marco a la tela, BDCEFA (con excepción del hilo cruzado A-B, que no puso hasta más tarde). Había reforzado también cada hilo principal de la estructura colocando, aquí y allá, un nuevo cable en los puntos en que debía sujetar los demás, práctica común cuando se fijan los cables de un gran puente colgante para multiplicar los amarres.

La araña empezó entonces a fijar el centro de la tela (Dibujo 1). Primero ligó un hilo libre en el punto 1 entre A y F; luego, desplazándose desde el punto F hasta la línea FD, amarró el otro extremo, con un rápido movimiento, en el punto 2. Luego avanzó hasta la mitad del hilo 1-2 y allí amarró el extremo de otro hilo. Segregando uno nuevo conforme avanzaba, la araña lo llevó hasta el punto 2 y a lo largo de D-C hasta C-B, donde amarró el otro extremo en el punto 3. Allí tensó el hilo antes de fijarlo: y al tirar de él colocó los hilos radiales 1, 2 y 3 en la posición en que se los ve en el Dibujo 1. La conjunción de estos tres primeros radios determinó el centro de la tela, que se estabilizó al colocarse los radios 4, 5 y 6.

El marco de la tela, con los primeros 6 radios, no estaba en un plano completamente vertical, sino inclinado unos 15 grados fuera de la vertical, con la parte superior más lejos del punto en que yo me encontraba. Yo no estaba seguro del lado en que la araña seguiría trabajando, pero como el lugar de observación más conveniente para mí era con el sol a mis espaldas, todas las observaciones y dibujos los hice con la araña trabajando del otro lado. Tuve así la suerte de que conforme avanzaba la construcción de la tela, la posición en que me encontraba me permitiera observar de cerca el uso que la araña hacía de su abdomen, patas, mandíbulas y órganos de hilar.



Después de haber establecido el centro de la tela, el animal pasó a la segunda etapa de la construcción.

SEGUNDA ETAPA (dibujos 2 a 4): Se creó un sistema completo de hilos radiales uniendo el centro con los diversos hilos del marco. El método empleado para añadir estas nuevos hilos fué el mismo que para los hilos 1, 2 y 3, con la diferencia que cada nuevo radio se amarraba primero al centro y se llevaba luego a un punto escogido dentro del marco. La araña tenía la habilidad de mantener una pata posterior levantada, con la que sostenía el nuevo hilo impidiendo que se enredara con los ya existentes. El hecho de que trabajara en el lado inferior de la tela construída fuera de la vertical debe haber ayudado, ya que la gravedad había tendido a alejar del plano de la tela tanto su cuerpo como el hilo suelto que llevaba en la pata.

Si uno observa la secuencia numérica de los radios, empezando por los tres primeros, lo primero que lo impresiona es que no ha colocado nunca la araña un radio nuevo al lado del que acababa de instalar, sino a cierta distancia de éste, haciendo iguales las tensiones dentro del sistema y manteniendo así el centro de la tela siempre en el mismo sitio. De no haberlo hecho así, dada la elasticidad de las fibras, el centro se habría desplazado constantemente, y la forma poligonal del marco habría sufrido toda clase de cambios y distorsiones.

Los tres primeros dibujos muestran el marco de la estructura como compuesto por líneas rectas. La realidad fue distinta, ya que cada vez que se amarró un nuevo radio a una línea del marco, la tensión que se ejercía sobre ésta la hacía desviarse y curvarse un poco. Sólo por conveniencia de dibujante conservé esa forma recta del marco hasta que todos los radios estuvieran colocados.

Al atarse en su sitio los radios 20 y 21, no cruzaba todavía ningún hilo la sección comprendida entre A y B. La araña, después de colocar el radio 21, regresó sin vacilaciones al punto 20 y volvió a tomar el mismo camino con un hilo suelto que constituiría la línea cruzada A-B y que ató al radio 6 en el punto en que se cruzaba con éste. El marco poligonal ABCDEF quedaba así completo, pudiéndose amarrar otros radios a la línea A-B. Es interesante observar que en todo el proceso de este método selectivo empleado para colocar los radios sólo en una ocasión se amarró uno de ellos demasiado cerca de otro ya existente: el radio 22, adyacente al 2. En unos cuantos casos había demasiado espacio entre un radio y otro, cosa que la araña remedió mediante la construcción de radios parciales.

El haber recurrido la tejedora a un método aparentemente deliberado para mantener la forma de la tela establecida por los seis primeros radios lo sugiere el estudio de los ocho siguientes (Dibujo 2). Las lineas 8, 10 y

SIGUE A LA VUELTA

LA FIRMA DEL ARTISTA

Esta araña común en Europa, y que tiene de 15 a 25 mm. de largo, puede reconocerse fácilmente por su abdomen amarillo a rayas negras. Individualista acérrima, firma su tela con una ancha cinta sedosa que pasa en zigzag entre dos de los radios verticales de la misma.

CINCO CAMBIOS DE PATAS PARA CRECER

¿Detalle de un primoroso dibujo chino? No: muda de patas de una araña. Las garras tarsales, como se ve arriba, se desprenden para dar paso a otras nuevas. Para alcanzar su pleno desarrollo, la araña experimenta entre cinco y diez de esos cambios, en el curso de los cuales su tamaño aumenta regularmente.

Fotos © Louis Jacques Laporte



Foto © Jacques Six

Cada especie

13 están bien espaciadas entre los puntos A y F, y las Nos. 7, 11 y 14 se hallan repartidas de modo parecido entre los puntos B y C. Si se quieren más pruebas de una planificación deliberada en esta etapa, hasta con observar la colocación de los radios 15 a 21. Nuevamente en el Dibujo 3 se ve que la araña mantiene el equilibrio de las tensiones del centro de la tela gracias a los sitios en que coloca los radios 22 a 33. Con tantos hilos radiales ya colocados, parecería que no había ya necesidad de un cuidado excesivo en la colocación de los siguientes, pero sin embargo la tejedora procedió a la misma minuciosa selección de los puntos en que iba a agregar los radios 34 a 44 (Dibujo 4).

TERCERA ETAPA (Dibujo 5): Con todos los radios largos ya puestos en su sitio, la tejedora empezó la siguiente etapa de la construcción: un andamiaje compuesto por una espiral que empezaba en el centro y continuaba hasta el perímetro exterior de la tela, andamiaje que ella misma quitaría más tarde.

Los primeros siete circuitos de esta espiral estaban uno muy junto al otro, a una distancia que variaba entre 0,008 y 0,025 ms.; los cuatro o cinco siguientes, a una distancia entre

LA COSTURERA DEL ORIENTE

Sirviéndose de una de sus patas como de aguja, ésta araña de Singapur cose varias hojas por el borde, pasando delicadamente el hilo que segrega, y hace con ellas su nido: luego de lo cual podrá entregarse a la holganza ya que, como su talento mimético le permite cambiar de color, su presa no la distinguirá nunca entre las hojas que haya elegido.

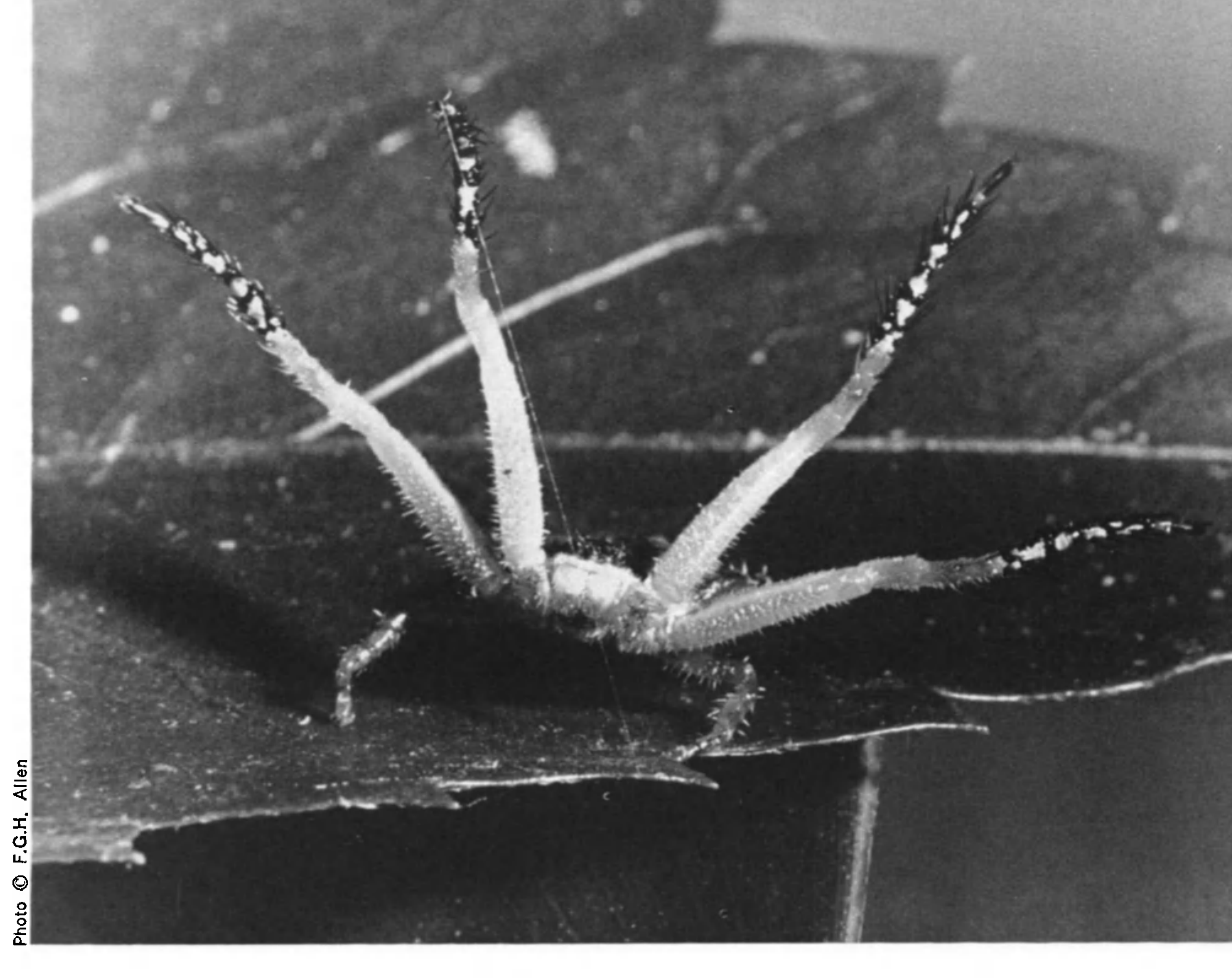


Photo © F.G.H. Allen

de constructora tiene su estilo

6.3 m/m y 8 m/m, y el promedio de todos los restantes, a 9 m/m de distancia. Para mantener cierta uniformidad en la distancia, la araña mantuvo siempre una pata en el redondel precedente mientras giraba dentro de su tela. En esta etapa se presentaron varios ejemplos interesantes de lo que podría llamarse «decisión matemática». En los pocos lugares en que los radios estaban muy separados y la araña tenia que estirarse para alcanzarlos, lo que hizo fue interrumpir la espiral y colocar un nuevo radio parcial lo suficientemente largo como para que llegara al marco exterior, sujetándolo al andamiaje ya existente. Estos radios parciales están marcados con una X en el Dibujo 5.

Una vez que la araña había llevado ya la construcción del andamiaje hasta el extremo exterior del radio 14, que habría podido ser la última vuelta, cambió de dirección bruscamente y describió otra vuelta completa en sentido inverso, terminando la espiral del andamio en el punto en que el radio 11 se juntaba con el marco exterior.

A esta altura de su trabajo empezó la etapa final de la construcción, la etapa en que hiló la viscosa o pegajosa tela a la vez que quitaba el andamiaje. La pegajosidad de los hilos es lo que, evidentemente, le sirve para atrapar a su presa. Sus filamentos viscosos resultan tan eficaces en ese sentido que, una vez envuelto en la red, es raro el insecto que escapa. En sus corridas de un lado para el otro de la tela la araña tiene una gran destreza para evitar esta sustancia adhesiva que ella misma segrega. Al construir la tela, la araña puede exudar tanto una fibra seca como una viscosa. La seca se usa para todos los fines excepto el de cazar insectos y, en las tres primeras etapas de la construcción, todos los filamentos fueron del tipo seco. Lo sé porque en repetidas oportunidades los toqué para ver si había alguna pegajosidad.

Pero esos filamentos varían en su forma. La araña puede hacer que sus órganos de hilar produzcan un hilo redondo y seco, que encierre un haz de varios filamentos juntos, o uno más chato, parecido a una cinta. Algunas veces el hilo seco puede tener una sucesión de cuentas pegajosas, pero éste es un caso especial. Los observadores han encontrado que en estos filamentos hay una capa viscosa al emitirlos la araña, pero que luego esa capa forma una sucesión de cuentas.

CUARTA ETAPA (Dibujo 6): Hemos visto que la araña terminó el andamiaje en forma de espiral en el radio 11, luego de haber cambiado de dirección al llegar al radio 14. Deliberado o no, este cambio resultó útil porque, sin dudar un solo segundo, la tejedora empezó a hilar la espiral viscosa empezando desde el borde en vez de hacerlo desde el centro. En esta fase final de la construcción la araña estaba en mejor posición que antes, ya que podía apoyarse tanto en los hilos secos del andamio como en los radios. Esto no significaba que la espiral viscosa coincidiera exactamente con los contornos del andamio. Para cada circuito seco del andamio hizo varios de hilo viscoso.

Como las fibras viscosas no se podían distinguir a simple vista de las del andamio, fue difícil discernir, al hacer el Dibujo 6, cuáles eran los hilos del andamio en las zonas en que las cruzaban o recubrían los hilos viscosos. Sólo mas tarde, al ir a finalizar la araña su hilado, pudo verse claramente que el andamiaje había desaparecido y que en el centro de la tela había una bola de materia blanca, materia que la araña misma consumió. En su libro «La Biología de las Arañas», Theodore Savory nos entera de que, a medida que la fibra viscosa se acerca a la próxima vuelta del andamiaje, la araña la va enrollando, lo cual explica la bola que se forma al final.

SIGUE EN LA PAG 41



ESTA PREFIERE EL AGUA PARA VIVIR

Fotos © Holmès-Lebel



La araña de agua (argironeta) es la única que vive exclusivamente en el liquido elemento, donde se construye una casa en la que almacena el aire de la atmósfera. Para ello amarra primero alguno de sus hilos entre plantas acuáticas y hace con ellos una especie de armazón. Luego, nadando hasta la superficie del agua, saca su abdomen y sus patas posteriores, que pronto quedan recubiertos de una capa de aire (arriba, derecha). Luego baja hacia su futuro alojamiento, deposita la burbuja de aire que ha recogido y que la redecilla de hilos tensos sostiene, y reanuda sus viajes de ida y vuelta a la superficie hasta que su provisión de aire sea suficiente: alrededor de 1 cm3 (arriba, izquierda). Por último hila en torno a esa provisión una especie de capullo de seda, del que no sale más que para renovar su provisión de aire y cazar (una chinche, a la izquierda, es el plato del día). Luego de encontrar compañero, cría en su vivienda acuática a su prole, que antes de la primera muda (derecha) es completamente transparente.



Cada especie de araña teje el centro de la tela de una manera que le es peculiar. Nuestra amiga «Micrathena gracilis», después de consumir el último resto del andamiaje, cortó la parte central de la tela para poder salir a un lado u otro de la misma. El diámetro de esta abertura era tal, que las ocho patas de la araña podían franquearla sin dificultad.

Después de dos horas y media de trabajo continuo, la tela había quedado terminada y lista para cumplir sus funciones. La araña se colocó en el centro (una abertura de 0,012 ms) con las patas puestas en los radios, lista para detectar toda vibración que indicase el lugar de la tela donde caía alguna víctima.

El calificativo de «obra maestra de ingeniería» que le damos en el título es más exacto de lo que uno podría suponer. El empleo de tres líneas como apoyo de una estructura es una técnica de ingeniería basada en la proposición geométrica de que para determinar o estabilizar un plano se necesitan tres puntos que no estén en línea recta. En la misma forma, el triángulo es la forma básica usada en construcción para obtener estabilidad y equilibrio.

Dividir el proceso de tejer la tela en cuatro etapas es cosa que refleja muy de cerca los procedimientos que se siguen en la construcción de un edificio:

1. Levantar los cimientos.

2. Colocar el marco de la estructura de la obra.

3. Construir un andamiaje para encerrar la estructura.

4. Poner el edificio en condiciones de ser habitado y retirar los andamios.

Luego de terminar su construcción, la araña continuaría haciendo frente a problemas de ingeniería, pero éstos bajo el rubro de «reparaciones y manutención». Mientras veía lo que hacía, me fue difícil no pensar en términos humanos al respecto, o no pensar en términos estrictamente de técnica de ingeniería. Y se me ocurrieron entonces las siguientes preguntas:

■ ¿Por qué eran tantas las arañas que habían construído su tela en este mismo lugar aprovechando las ventajas que ofrecían la cabaña, las ramas y las rocas sobre aquel pequeño jardín silvestre? ¿Son capaces las arañas de observar a la distancia las cosas con la perspectiva necesaria como para apreciar los atributos de un lugar conveniente para la construcción de sus telas?

■ Luego de haber elegido el lugar ¿puede esa misma araña determinar cuál es la mejor rama, tronco, roca, etc. para fijar los amarres de su tela?

■ Después de haber fijado un hilo, por ejemplo, entre una rama y un tronco de una cabaña situadas a casi dos metros de distancia, ¿es capaz una araña de decidir, eliminando varias alternativas, centrar la tela directamente encima del sendero, que es el lugar por donde pasan más insectos?

Estas, como tantas otras, son preguntas que quedarán sin respuesta, por lo menos por ahora. Yo no propongo solución alguna, pero basándome en años de observación, estoy firmemente convencido de que si docenas y docenas de arañas de las más diversas especies han construído sus telas en este sitio en una forma determinada, ello en sí es una respuesta positiva a esos interrogantes. Por lo menos puedo decir que los mismos problemas estructurales se les han presentado a un sinnúmero de constructores, y que todos los han resuelto de la misma manera y con la misma competencia de la araña. ■

CUASARES *(Viene de la pág. 34)*

unos pocos miles de millones de años-luz es porque la erupción de los mismos fue un fenómeno más frecuente en esas épocas remotas. Pero si se mira más lejos, ya no se ven casi más cuasares, aunque nuestros radiotelescopios tengan ahora suficiente fuerza como para avistar fuentes todavía más lejanas. Ello ocurre porque nos adentramos entonces en una época más remota todavía que la de los primeros astros — o más bien galaxias — de ese tipo.

Si, como lo hemos visto ya, se puede asimilar los cuasares a núcleos de galaxias que se consumen y envejecen rápidamente, la época de su resplandor debe estar en relación con el nacimiento de esas galaxias. Los cuasares deben ser contemporáneos de éstas o haberlas seguido dentro de un intervalo determinado de tiempo. En esta forma nos señalan ese nacimiento de las galaxias que a su vez nos indica un estado crítico de la materia del Universo, ya suficientemente enfriada luego de la explosión inicial. La agitación térmica debía haber amenguado ya lo suficiente como para que la gravitación pudiera acumular las masas inmensas de materia de las proto-galaxias, o sea de las galaxias en vías de condensación.

Parecería resultar de las observaciones que el período de resplandor de los cuasares tuvo su punto culminante entre ocho y nueve mil millones de años ha. Antes de los nueve mil millones de años es poco probable que haya podido haber muchos cuasares.

Vivimos ahora en un período tranquilo del Universo, con la materia acumulada ya desde hace largo tiempo en galaxias y astros. Pero con ayuda de los radiotelescopios podemos barrer las telarañas del pasado y alcanzar un estado anterior del Universo en que no era la acumulación de la materia lo que dominaba el escenario, sino el movimiento térmico. Empezamos a tener acceso a los albores del mundo, momento en que quizá no hubieran astros aún, sino simplemente materia amorfa.

Los primeros resultados de esta investigación son poco precisos todavía; hay que verificar y corregir muchos datos de distancia y de tiempo, tarea que corresponderá desempeñar a los telescopios nuevos en construcción o en proyecto, todavía más grandes y poderosos que los utilizados hasta la fecha. Los resultados que obtengan los astrónomos con ellos les permitirán, junto con los astrofísicos, reconstituir la historia de nuestro Universo.

El primer radiotelescopio se construyó hace apenas un cuarto de siglo, y el primer telescopio óptico hace tres siglos. La humanidad existe en la Tierra desde hace un millón de años, y hay vida desde hace mil millones. El Sol, junto con la Tierra y los planetas, tiene entre seis y siete mil millones de años, y la galaxia de la que nuestro sistema solar forma parte se remonta a ocho o nueve mil millones de años.

La expansión del Universo, que todavía se puede observar en la actualidad, ha podido comenzar hace entre diez y doce mil millones de años. Pero a medida que uno va remontándose en el tiempo, los datos cronológicos y los sucesos que jalonan la prehistoria del Universo se van haciendo cada vez más vagos e inciertos.

Hace poco tiempo que la ciencia ha empezado su encuesta sobre el pasado del hombre y de la Tierra. Para no perderse en un laberinto de especulaciones ni tampoco en las nieblas del espacio y del tiempo cuenta ahora, como guías, con los cuasares, esos faros cuya luz y cuyas ondas de radio viajan hacia nosotros desde hace miles de millones de años. ■

LATITUDES Y LONGITUDES

Participación de una colectividad en el desarrollo

Aunque se ha hablado mucho de la participación activa de la población de un país en una obra de desarrollo comunal —y se lo ha aceptado universalmente como principio— los ejemplos concretos de ese concurso no abundan. De uno bien posible y de gran interés para toda América Latina habla el experto Albert Meister en su obra «*Participation, animation et développement à partir d'une étude rurale en Argentine*» que acaban de publicar en París las *Editions Anthropos*. El estudio de una zona rural de la Argentina da pretexto al autor para plantearse varias preguntas de gran interés, entre ellas si la participación de la colectividad no exige una información que ésta no posee, si dicha participación no es un acto que sólo el proceso de modernización puede inspirar, y si no es más el resultado de un cambio de orden social que el medio de llegar a ese cambio.

La misma casa editora ha publicado, también en francés, el libro de la autora brasileña Maria Isaura Pereira de Queiroz «Reforma y revolución en las sociedades tradicionales (Historia y etnología de los movimientos mesiánicos) ».

Justo homenaje a Carlos J. Finlay

El Consejo Científico del Ministerio de Salud Pública de Cuba ha venido publicando las Obras Completas de Carlos J. Finlay como conmemoración del cincuentenario de su muerte. Con este motivo se ha recordado la extraordinaria carrera del sabio cubano, sus investigaciones y descubrimientos, no sólo con relación a la fiebre amarilla —que lo hicieron famoso en el mundo a fines del siglo pasado y propuesto como candidato al premio Nobel de Medicina— sino también sobre el cólera, el bocio, los procedimientos quirúrgicos para la extracción de las cataratas y la naturaleza de la gravedad terrestre, así como sus notables contribuciones a la obra de higiene pública y sanidad en su país, con las se que logró una disminución apreciable de los casos de tétano infantil, tifus y muermo.

Pero la gloria de Finlay descansa principalmente en su descubrimiento, hecho público en 1881, de que el agente transmisor de la fiebre amarilla era un mosquito. Diecisiete años más tarde los investigadores científicos de los Estados Unidos sostenían aún sus viejas teorías, haciendo caso omiso del trascendental descubrimiento de Finlay, pero finalmente en 1901 un grupo de médicos norteamericanos reconoció oficialmente los resultados de sus trabajos, dándose así el primer paso hacia la desaparición de la peligrosa enfermedad en las zonas más pobladas de toda América.

El premio Nobel de la Paz acordado a la OIT

El Premio Nobel de la Paz correspondiente a 1969 se ha acordado a la Organización Internacional del Trabajo, que este año ha celebrado su quincuagésimo aniversario (véase «El Correo de la Unesco» de Julio 1969). Al especificar las razones que la movieron a tomar esa resolución, la Comisión que acuerda los premios Nobel ha hecho el elogio de la OIT como organización de Naciones Unidas que ha luchado «por mejorar las relaciones sociales en todo el mundo y hacerlas más estables, contribuyendo en esa forma a proteger la paz mundial» y ha destacado al mismo tiempo la importancia que el trabajo de la OIT tenía en la esfera de la asistencia técnica a los países en vías de desarrollo.

La Organización Internacional del Trabajo es la tercera que recibe este premio entre las que integran la familia de Naciones Unidas: en 1955 la había precedido en este alto honor la Oficina del Alto Comisionado para los Refugiados y en 1965 el UNICEF (Fondo de Naciones Unidas para la Infancia) también vio premiados en esa forma sus esfuerzos en pro de la concordia y la ayuda a la infancia en todos los países del mundo.

«Perspectivas de la Educación»

Recientemente ha aparecido el primer número de «Perspectivas de la educación», nueva revista trimestral de la Unesco, editada en inglés y francés, que ofrece a los educacionistas, las instituciones de enseñanza y los maestros de todas clases una serie de artículos e informaciones procedentes de todas partes del mundo, y especialmente quiere dar a los maestros de enseñanza primaria una visión más directa de los problemas de la enseñanza en otras partes y la solución que se les está dando en estos momentos. La suscripción anual costará 3 dólares 50 y será pagadera en 1971, porque los que la efectúen recibirán gratuitamente los seis primeros números de la revista.

Equivalencias académicas

Los títulos y grados académicos varían en tal forma de un país a otro, que compararlos a nivel internacional resulta casi siempre una empresa tan ingrata como difícil. La Unesco acaba de producir un glosario internacional —el primero de una serie que abarcará otros tópicos— dedicado precisamente a este punto. Autor del libro, redactado en francés, es el Profesor Marcel de Grandpré, de la Universidad de Montreal. No sólo puede el lector juzgar, gracias a su trabajo, el valor relativo de los títulos que confieren diversas Universidades del mundo, sino también compararlos, formándose así una idea del sistema de enseñanza superior seguido en los 45 países que abarca el libro, titulado «*Glossaire international. Termes d'usage courant en matière de certificats d'études secondaires et de diplômes et grades de l'enseignement supérieur dans 45 pays.*» Precio del ejemplar, editado por la Unesco en París : 5 dólares.

Un premio a los periodistas responsables

En Zurich ha anunciado el Instituto Internacional de la Prensa la creación de una Fundación destinada a fomentar «un periodismo libre y responsable». La Fundación ha instituido un premio anual de 5.000 dólares, a otorgarse a los periodistas que se hayan distinguido particularmente por la independencia de sus juicios.

En comprimidos...

■ *El setenta por ciento de los médicos soviéticos está constituido por mujeres. En 1940 su número era de 96.000, pero el año pasado saltó espectacularmente a 438.000.*

■ *La congestión de automóviles en los caminos aumenta más rápidamente en Gran Bretaña que en ningún otro país del mundo, con más de 40 vehículos por kilómetro, dice la British Road Federation.*

■ *De cada siete habitantes del mundo, uno es un ciudadano de la India: la población del país, que llegó a ser de 520 millones el año pasado, sufre un aumento anual de 13 millones.*

■ *Los alumnos del instituto o liceo de Havering, situado en los suburbios de Londres, han filmado una película denunciando los males de la toxicomanía entre los adolescentes. Protagonista y autor de la música del filme es Ian Reece, estudiante de 18 años.*



IVAN KOTLYAREVSKY,

poeta ucraniano (1769-1838).

En el teatro Bolshoi de Moscú se celebró el pasado mes de setiembre el bicentenario del nacimiento del poeta ucraniano Iván Kotlyarevsky. Autor del primer drama musical ucraniano —«Natalka de Poltava»— y traductor de La Fontaine al ucraniano, así como de obras literarias griegas y latinas al ruso, Kotlyarevsky debe su gloria a una creación muy personal: «La Eneida travestida» (este último adjetivo tenía en el siglo XVIII una acepción distinta a la actual) donde la comicidad, el realismo y la sensibilidad animan y da color tanto a su crítica al despotismo zarista como a la evocación que hace de los campesinos libres y de los cosacos de Ucrania. En este poema los dioses del Olimpo son ucranianos, hablan, comen y se baten en ucraniano, y el humor original y la ironía filosófica del poeta dan todo su peso a una adaptación que los años no han marchitado. Esta «Eneida », inmenso conservatorio de la invención lingüística ucraniana, ha dado alcurnia de lenguaje literario, gracias al genio de Kotlyarevsky, a la parla popular de su república.

Imp. GEORGES LANG, PARIS. IMPRIMÉ EN FRANCE. — Dépôt légal. 4° trimestre 1969 - C 1

INDICE DE "EL CORREO DE LA UNESCO" DE 1969



Foto © A. Marconato

EL COLLAR DE LA ARAÑA

El hombre ha observado a la araña al tejer su tela desde los albores de la civilización, pero nunca como ingeniero especialista en estructuras funcionales que contempla y aprecia el trabajo de un colega. En la pág. 35 damos cuenta ahora de este minucioso estudio, etapa por etapa; la edificación geométrica de una tela de araña parece allí la verdadera obra maestra que en realidad es.